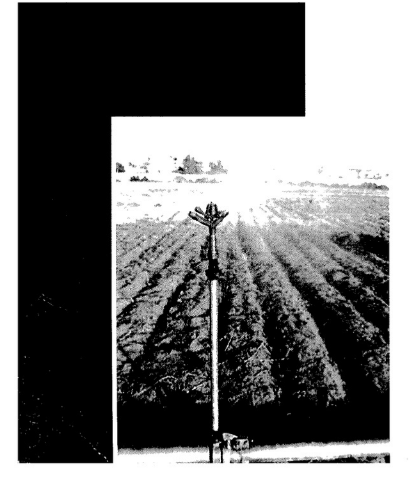




الهندسة الصحية

مياه الشرب والصرف الصحى

للقرى والنجوع والمجتمعات الصغيرة والمنعزلة



مهندس استشارى

محمد أحمد السيد خليل

الهندسة الصحية

(مياه الشرب والصرف الصحي)

للقرى والنجوع والمجتمعات الصغيرة والمنعزلة

مهندس استشاري

محمد أحمد السيد خليل

رقـــم الإيـداع: 11133 / 2004
الترقيـم الدولـي: 5-438-287-977

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع
50 شارع الشيخ ريحان - الدور الأول - شقة 12
عابدين - القاهرة ☎: 7954229

WWW.sbheg.com
e-mail:sbh@link.net


بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

لقد حددت الأمم المتحدة الفترة من 1981-1990؛ لتكون العقد العالمي لتوفير المياه والمحافظة على الصحة العامة. ولقد كان الأمل والثقة في زيادة الجهد؛ لتوفير إمدادات المياه الصالحة للشرب طبقا للإحتياجات جنباً إلى جنب مع المحافظة على الصحة العامة وذلك لكل مَن هم في حاجة إلى ذلك.

ولكن المتطلبات كبيرة جدا، حيث يوجد مئات الملايين من البشر في الدول النامية تفتقر إلي المورد المناسب لمياه الشرب الآمنة. وقد ثبت أن المشكلة حادة في مجتمعات متعددة، وخاصة بالنسبة للتجمعات السكانية الصغيرة في المناطق المعزولة والنائية، وكذلك في مناطق التخوم للتجمعات الحضرية حيث إمدادات المياه تكون غير مناسبة كماً ونوعاً. وهذه المشكلة واضحة جدا في قري ونجوع الريف المصري.

ولتوفير هذه الإحتياجات توجد معوقات مثل التنظيم والإدارة والإعلام ومشاركة الأهالي بالإضافة إلى التمويل اللازم، وهذه المعوقات تفوق الاعتبارات الفنية؛ ولذلك يتم اختيار التقنيات التي تتصف بالسهولة والخلو من التعقيدات الهندسية، وأن تكون محققه للإحتياجات مع إمكان التوسع المستقبلي وذلك بأقل التكاليف والسهولة في الصيانة والتشغيل.

وفي هذا الإصدار تم تناول تقنيات كثيرة لإمدادات مياه الشرب والصرف الصحى للتجمعات الصغيرة، حيث المعلومات والإرشادات يمكن استغلالها بواسطة هؤلاء الذين لديهم بعض الأسس الفنية في الهندسة الصحية، أو الهندسة المدنية، أو في الصحة العامة، أو الري والصرف، وذلك بدون الحاجة إلى الخبرة السابقة أو التدريب في مجال الإمداد بالمياه . كما أن هذا الكتاب يساعد المهندسين والمهتمين بالنواحي الصحية في أعمال التصميم أو الصيانة لإمدادات المياه الآمنة للتجمعات الصغيرة . ولذلك فإن هذا الكتاب لا يعتبر مرجع للدراسات الهندسية حيث تم التجاوز عن بعض الأسس النظرية مع التركيز على النواحي التطبيقية . ونظراً لندرة الإصدارات باللغة العربية في هذا المجال فقد تم تبسيط المحتوي العلمي بما يحقق الفائدة ولا ينتقص من القيمة الفنية وبما يمكن

القـــارئ العـــادي وكذلـــك مـــن لديه اهتمامات في هذا المجال من الاستيعاب والاستفادة، وبما يمكن من المشاركة الفعالة.

وقـــد تم الإشارة إلى المخاطر الصحية لمياه الشرب الملوثة، وكيفية التنظيم، وتضافر الجهود الحكومية والشعبية؛ لحل مشكلة توفير المياه الصالحة من خلال الخطـــط والتـــنظيم، والتغـــلب على المعوقات الإدارية والفنية والمالية وذلك في الـــتمهيد. وفي الباب الأول تم تناول موضوعات مياه الشرب. وفي الباب الثاني موضـــوعات الصـــرف الصـــحي وذلـــك بالنسبة للتجمعات السكانية الصغيرة والمنعزلة.

والله الموفق

المؤلف

محمد أحمد السيد خليل

مهندس استشارى

1 الباب الأول

مياه الشرب والصرف الصحى للقرى والنجوع
والمجتمعات الصغيرة والمنعزلة

التمهيد

الفصل الأول

مصادر توفير الاحتياجات من المياه

الفصل الثانى

معالجة المياه للشرب

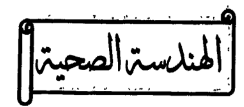
الفصل الثالث

خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه

الفصل الرابع:

الملاحق

*ملحق (أ) المعاينة والتقييم الصحى للمصدر المائى
*ملحق (ب) دراسات تجريبية لتصميم محطة معالجة مياه
*ملحق (ج) الترشيح الرملى
*ملحق (د) إختبار نوعية المياه
*ملحق (هـ) استكشاف المياه الجوفية
*ملحق (و) سحب المياه الجوفية



تمهيد

الماء أساس لكل الكائنات الحية للإنسان والحيوان والنبات. وبدون المياه لا توجد حياة على سطح الأرض، وصدق الله العظيم حيث يقول " وَجَعَلْنَا مِنَ المَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍ" فمنذ بدء الخليقة عاش الإنسان قريبا من مصادر المياه، وعلي امتداد الأنهار وعلي أجناب البحيرات وقرب العيون الطبيعية، وفي الحقيقة فحيث يعيش الإنسان فإنه يجد بعض الماء؛ لأغراض الشرب، والاستخدامات المنزلية وكذلك لاحتياجات الحيوانات. وهذا لا يعني أن المصدر المائي المتاح مناسب من الناحية الكميَّة أو أن المياه آمنة للشرب. وقد يكون مصدر المياه بعيدا مما يتطلب حمل المياه لمسافات كبيرة وخاصة في فترات الجفاف . وقد يلجأ البعض إلى استخدام مصادر ملوثة بمخلفات حيوانية أو آدمية مما يُشكِّل خطورة على صحة الإنسان.

والإنسان العادي يحتاج إلى لترات قليلة من المياه يوميا؛ للشرب وإعداد الطعام. وحسب مستوى ونظام المعيشة والمناخ ـــ تزداد الاحتياجات من المياه عند استخدام المياه للنظافة الشخصية ونظافة الأدوات المنزلية، والملابس .

إن توفر المياه الآمنة وبالقدر المطلوب والقريبة مع الوقاية الصحية هو من الاحتياجات الأساسية والأولية للمحافظة على الصحة العامة، وبما يساعد على انخفاض الحالات المرضية للسكان الذين يعيشون في المناطق الغير حضرية، أو في تخوم المناطق الحضرية والأماكن المنعزلة وخاصة بالنسبة لأمراض مثل الإسهال، والكوليرا، والتيفود، والباراتيفود، والحمى، والالتهاب الكبدي الوبائي، والدسنتاريا. فقد وُجِدَ أن 80% من الأمراض في العالم له علاقة بالمياه الغير آمنة. والأمراض المرتبطة بالمياه الغير آمنة مُوضَّحة في الجدول رقم (1).

المياه الحاملة للأمراض هي الملوثة بعوامل العدوى من أصل إنساني أو حيواني الحامل للمرض عند شرب المياه الملوثة هذه، ويتم هضم عوامل العدوي بما يسبب حدوث المرض . ولمقاومة هذه الأمراض يلزم المحافظة على استمرار تحسين نوعية المياه. كما أن هناك أمراض ناتجة عن نقص المياه، أو الاستخدام القليل جداً من المياه، بسبب عدم توافرها، أو لبعد المسافة؛ لحملها إلى المسكن ربما يسبب هذا حدوث بعض الأمراض من هذه الأمراض تلك التي تصيب العين أو تصيب الجلد، وكذلك انتشار الدسنتاريا المعدية من شخص آخر.

الأمراض التي تحملها المياه لا تنتشر مباشرة من شخص إلى آخر، ولكنها تكون بسبب عوامل العدوى حيث تنمو خلال دورة حياتية في كائنات مائية معينة خلال فترة زمنية تبلغ عدة أيام أو عدة أسابيع، وهذه الكائنات المائية هي القواقع واليرقات والقشريات والتي تسبب النضج لليرقات والبيض حيث تنطلق بعد ذلك إلى الماء. واليرقات والديدان الناضجة تسبب العدوى عند شرب المياه أو الالتصاق بها.

في المناطق الحارة توجد عادةً الحشرات مثل حشرات البعوض، والتي تتكاثر في المياه وأحيانا في آنية المياه المنزلية، وكذلك بالإضافة إلى الذباب والذي ينشط قرب المياه، وكذلك بعض الحشرات الطيَّارة الأخري ــ مثل هذه الحشرات التي لها علاقة بالمياه يمكن ان تحمل الكائنات الناقلة للأمراض؛ بما يسبب حدوث المرض.

كما أن هناك مشاكل صحية من مصادر العدوى غير المياه، حيث يمكن أن تنقل العدوى خلال الطعام، وخاصة الخضروات والفاكهة الطازجة والأسماك والالتصاق بالأشياء أو الأشخاص الحاملين للمرض، لذلك فإنه بجانب توفير المياه الصالحة للشرب يلزم توفير الوقاية الصحية الشخصية وحماية الأطعمة من التلوث.

ومن المهم جداً التخلص الآمن من الفضلات الآدمية، حيث كل الأمراض التي تُنقل بواسطة المياه تكون بسبب تلوث مياه الشرب أو الأطعمة بهذه المخلفات . كما توجد أمراض مثل الدسنتاريا يكون انتقالها من المخلفات الأدمية إلى التربة، ثم الالتصاق المباشر واختراق جلد الإنسان.

التحسن في كمية المياه اللازمة سيؤثر أساساً على بعض الأمراض الجلدية وأمراض العيون، وأمَّا التحسين في نوعية المياه للشرب فيؤثر على الأمراض التي تُنقل بالمياه مثل الدسنتاريا، الكوليرا، التيفود..... إلخ-كما أن بعض أمراض الإسهال يكون بسبب النقص في كمية المياه.

يعنى بالأمراض التي تنتقل عند شرب المياه وهي الأمراض الوبائية حيث يحدث المرض عند اختلاط مياه الشرب بإفرازات (الغائط) ذوات الدم الحار (إنسان، حيوان، طيور) الحامل للمرض مع عدم الإعداد الآمن للمياه قبل شربها أو استخدامها في غسيل الأطعمة التى لم يتم طهيُها أو غسيل الآنية التي تستخدم في تناول الأطعمة بالمياه الملوثة الباردة الغير مُعدَّة وغير آمنة للشرب.

1- الإمداد بالمياه والتنمية الاقتصادية والاجتماعية:

لقد بُدئ في توفير الإمدادات بمياه الشرب الصالحة للمدن الكبيرة، ثم تلا ذلك المدن الصغيرة مثل عواصم المراكز ثم القرىٰ الكبيرة، حيث تم ذلك بواسطة الدولة. ونظراً لأن اعتبارات الصحة العامَّة لم تشكل أسبقية مناسبة للتجمعات السكانية الصغيرة في المناطق المنعزلة مثل النجوع والقري الصغيرة، ولأسباب اقتصادية وضعف الضغوط الإجتماعية، إلا أن توفير المياه الآمنة سيساعد على توفير الجهد في الحصول على المياه وكذلكٰ التخلص من الأمراض الوبائية والمزمنة.

الأمراض التي بسبب النقص في نوعية أو كمية المياه :

المجموعة	الأمراض
الأمراض التي تنقل بواسطة المياه حيث تعمل المياه كمادة حافظة لعوامل العدوى، وكل هذه الأمراض تكون بسبب عدم الاحتياطات في الصحة الوقائية .	الكوليرا التيفود الدسنتاريا الالتهاب الكبدي الوبائي المعدي الديدان النزلات المعوية
الأمراض التى بسبب نقص المياه حيث عدم الكفاءة من الاحتياجات من المياه مع عدم الرعاية الصحية، وتوفر الظروف المناسبة لانتشار الأمراض. كما أن العدوى بالدسنتاريا تكون بسبب عدم التخلص الآمن من المخلفات الأدمية .	الجرب الدمامل والقروح الجزام حشرات الفراش التهابات ملتحمة العين الدسنتاريا الاسهال الحمّي التيفودية الديدان الإنكلستوما
أمراض بسبب العدوى عند ملامسة الماء أو شرب الماء .	البلهارسيا الديدان
أمراض تنقل بواسطة الحشرات التي تعيش في أو قريبا من الماء .	الملاريا الحمّي الصفراء الحمي الشوكية
أمراض تنتشر بالعدوي عند تناول الطعام الذي لم يتم طهيه، وتكون بسبب الصرف الصحي .	مرض الرعاش أمراض عصبية

وبذلك يمكن المحافظة على صحة المواطنين بما يساعد على تحقيق طموحات التنمية في مجال الزراعة والمجالات الأخري الحرفية والمهنية .. إلخ كما أن توفير المياه يساعد في تنمية الثروات الحيوانية، هذا بالإضافة إلى الحد من الهجرة إلى المدن حيث توجد المياه الصالحة والخدمات الصحية .

أما في حالة توفر المياه الآمنة فإنه يمكن توقف الهجرة من الريف إلى الحضر، وكذلك فإن ذلك يساعد على تجمع السكان في المناطق النائية والمنعزلة في شكل وحدات قروية بما يساعد كذلك على توفير الخدمات الصحية والوقائية للمواطنين، حيث كلما زاد تركيز وتجمع السكان المطلوب خدمتهم كلما أمكن تركيز التمويل وأعمال الصيانة للإمدادات بالمياه . وفي حالة قدرة نظام الإمداد على توطين السكان فإن ذلك يساعد على تحسُّن الأوضاع الاقتصادية.

وعند توصيل خدمة المياه من المحطات الرئيسية إلى التجمعُات الصغيرة أو لعدة منازل منعزلة فإنه يمكن بذلك توفير خدمة جيدة مع المحافظة على نظام الصيانة والتشغيل، ولكن عند توفير هذه الخدمة بطريقة منفصلة لتلك التجمعات الصغيرة ستكون تكلفة التوصيل من خلال خطوط المواسير مرتفعة، حيث أغلبية السكان فقراء ولا يمكنهم دفع تكاليف هذه الخدمة هذا بالإضافة إلى إرتفاع تكاليف الصيانة والتشغيل وصعوبتها، حيث يلزم توفير الكوادر القادرة على هذا العمل وذلك من خلال التدريب والتأهيل من بين هؤلاء السكان، والذي يكون من الصعب توفيره في كثير من الحالات نظراً لانشغالهم في عملهم الأساسي وهو الزراعة أو رعي الماشية.

في مثل هذه الحالات فإنه يلزم استخدام تكنولوجيات تختلف عن تلك المستخدمة في المدن والإمدادات الكبيرة بالمياه؛ لذلك نري أن إمدادات المياه من خلال شبكة المواسير غير مُجدى من الناحية الاقتصادية والبديل هو إيجاد نقط توزيع للمياه مزوَّدة بمضخة يدوية على المصدر المائي، سواء كان عين أو بئر أو نقطة جمع مياه الأمطار ..إلخ.

ولكن في حالة القرى الكبيرة فإن إقامة محطة معالجة وشبكة توزيع إلى نقط توزيع عامة يمكن أن يكون مناسبا اقتصاديا وخاصة في حالة مشاركة الأهالي بالجهد، أو المال أو مواد الإنشاء بما يجعل الاستثمارات منخفضة، ولكن تكاليف الصيانة والتشغيل تكون عقبة؛ وذلك لصعوبة التحصيل أو استحالته في كثير من الحالات ـــ كما يلزم أن يكون نظام الإمداد بالمياه متصف بالسهولة في التصميم والتنفيذ مع اختيار التقنيات البسيطة والتي تتمشَّى مع المهارات المُتاحة ولقد أقيمت محطات مُدمجة على المجاري المائية السطحية وثبت عدم نجاحها في كثير من الحالات؛ بسبب تعقيدات الصيانة أساساً ولذا يلزم الاستفادة من الأخطاء السابقة ومعرفة أسبابها ولهذا تم عمل الخطوط الإرشادية للتخطيط والتصميم والإنشاء والتشغيل والصيانة لوحدات الإمداد بالمياه الصغيرة للمناطق المنعزلة.

2- التخطيط والادارة :

في بعض الحالات يكون توفير المياه للتجمعات الصغيرة من بين برنامج الإصحاح البيئي، ويتم التخطيط على هذا الأساس،حيث تكون اهتمامات الجهات المَعنيَّة بالصحة العامة مُركَّزة على الإشراف على نوعية المياه فقط، وذلك لعدم توفر الكوادر الفنية لديها في مجال التخطيط والإدارة والصيانة. ولذلك فإن الأداء الهندسي من ناحية التخطيط والإنشاء يكون من واجب العناصر الهندسية. وعند التخطيط لتوفير المياه للمجموعات السكانية المنعزلة يكون ذلك في صورة برنامج وليس في شكل مشروعات منفصلة .

ويعني بالبرنامج هو مجموعة من الأنشطة المستمرة نحو تنفيذ عدد من مخططات توفير المياه طبقاً لاحتياجات التجمُعات الصغيرة حيث الاستفادة بالتقنيات البسيطة ومساهمات الأهالي.

مثال ذلك: فإن عدد وأنواع الطلمبات يكون بأقل ما يمكن؛ لتنخفض تكاليف الصيانة والتشغيل. ذلك مع قناعة المستفيدين بأهمية استخدام المياه الصالحة والآمنة بما يلزم التعرف على عادات وسلوكيات السكان، مع العمل على تغيير سلوكيات استخدام المياه. يضاف إلى ذلك أن عادة دفع فاتورة المياه وإن كانت مقبولة في المدن الحضارية إلا أنها غير مقبولة في التجمعات الصغيرة حيث ما يستخدم من المياه وإن كان غير آمن إلا أنه يعتبر هبه من الطبيعه ليس لها مقابل. هذا بالإضافة إلى عدم قدرتهم على دفع المقابل المادي. وإن كان يمكن التغلب على ذلك الدفع مع مواعيد الحصاد.

3- اعتبارات التصميم :

يمكن الحد من التكاليف الرأسمالية في حالة وضع مواصفات لمكونات وحدات الإمداد بالمياه.

مثال ذلك:الآبار، إنشاءات المأخذ، خزانات المياه، غرف الطلمبات...الخ، وذلك بوضع مواصفات مُوحَّدة للتصميم والإنشاء مع استخدام الفنيين المدربين على هذه النماذج الموحدة، بما يقل من الحاجة إلى المهندسين المتخصصين،مع الاستفادة من موارد البرنامج (الطاقة البشرية من مساهمات الأهالي، التمويل،التكنولوجيا، الإدارة).

وتقنيات هذه التصميمات يجب أن تُحقق السرعة والسهولة في الإنشاء، حيث يمكن تكرار الإنشاء بواسطة عماله نصف ماهرة . كما يمكن عمل نموذج بحثي مُبسَّط لجمع البيانات اللازمة؛ للمساعدة في نوع معين من التصميم. يتم اختيار النموذج المناسب للتصميم (الخزانات،غرف الطلمبات.. إلخ) مع المعدات اللازمة للإنشاء ومراجعتها ، ثم تُجمع هذه المعدات والمُهمَّات وإرسالها للموقع كشحنة واحدة مع الأدوات والمُهمَّات اللازمة للإنشاء، والغير متوفرة في الموقع. كما يتم وضع استراتيجِّيات كنموذج مُوحّد للأداء لكل مرحلة، واستخدامه في التدريب للأفراد القائمين بالتنفيذ على المستوى المحلي. تصميم النموذج الفنيٍّ ونموذج مساهمات الأهالي يتم تحديده ضمن البرنامج العام.

4- التنظيم والمتابعة :

الجدول التالي يوضح الخطوط العامة للأعمال الرئيسية التي تتم على المستوى القومي ومستوي الإقليم والمستوي المحلي. في بعض الحالات تصمم البرامج الإقليمية طبقاً لطبيعة الإقليم، وإذا كانت ما زالت مرتبطة بالبرنامج القومي بالقواعد الأساسية للتصميم والمساهمات المالية.

ليس من الممكن أن يشمل البرنامج القومي أو الإقليمي (كل التجمُّعات الموجودة الصغيرة والنامية) للإمداد بالمياه مرة واحدة . ويتم الاختيار والذي يجري تعديله وتحديثه من آن إلى آخر. يتم تحديد قواعد الاختيار ونظام الأسبقيات للإنشاء في المخطط على المستوى القومي أو الإقليمي مع الأخذ في الاعتبار كل العوامل المرتبطة أو ذات الأهمية.

الغرض من أي برنامج لإمداد التجمعات الريفية بالمياه يتم توصيفه ما أمكن ذلك. فمثلا كل التجمعات من 500 شخص فأكثر، 50% من التجمعات الأقل من ذلك يتم توفير مياه الشرب الآمنة لها على مسافة لا تزيد عن 500 متر لكل منزل مستقل خلال 8 سنوات. والهدف هو توفير مياه الشرب لنسبة 90% من التجمعات الريفية في الأحياء (أ)، (ب) خلال 22 شهر. من الأساسيات الالتزام بالبرنامج على المستوى القومي حتى يمكن تنفيذه على المدي الطويل. يلزم عادة إعطاء وقت إضافي؛ حتى يستريح المجتمع الذي تم توفير خدمة مياه الشرب الآمنه له ويبارك هذا العمل. بمجرد التفهمُ لهذا العمل فإنه يستمر العمل في التطوير لهذه التجمعات حتى تصل إلى مستوى المعاونة التامة من المجتمع مع توفير الكفاية المالية.

في المراحل المبكرة للتخطيط يتم مراعاة مشاكل الإدارة، والتشغيل، والصيانة، وذلك بواسطة المخططين، مهندسو التصميم. ويتوقف ذلك على ما إذا كان يبحث ببساطة عن حل، أو عن الحل المفضّل المُتاح. عادة نتيجة السرعة فإن هذه الدراسة تكون غير متقنة وأقل مما يجب أن تكون عليه .

من أهم المراحل: هي التي يقوم بها مهندس المباحث الميدانية والتصميم لما لها من تأثير كبير على الأداء المستقبلي للمشروع .

مستوى الأداء المطلوب لجميع المستويات الحكومية :

المستوى	الأداء
القومي	التخطيط للمدى الطويل. وضع السياسات (فنية وإدارية) والمواصفات. إدارة الاستثمارات على المستوى القومي ومطبقاتها مع المساهمات المحلية. الإشراف والمتابعة لتنفيذ الخطة على المستوى القومي. تقديم المعاونة الفنية تنظيم التدريب
الإقليمي (والحي)	تنفيذ البرنامج التصميم إنشاء وإدارة المشروع تطوير مساهمات الأهالي
المحلي (القرية)	إدارة وحدة الإمداد بالمياه التشغيل والصيانة تحصيل رسوم وتكلفة الإمداد بالمياه

ففي حالة العمل المتقن يمكنه عدم استخدام طلمبة، أو معدة أو قطعة أخرى من المعدات أو مرحلة من مراحل المعالجة، عندئذ يكون قد أزال عقبة يمكن أن تُعيق الأداء الجيد عند. التقييم الكامل لمشاكل تشغيل وحدة معالجة المياه الصغيرة، فإنه يمكن الوصول إلى الحلول الميسَّرة والبسيطة وبما يؤكد الأداء الجيد للمحطة.

ومن ناحية التنظيم والإدارة، فإن الإدارة الجيدة لنظام الإمداد بالمياه مهما كان صغيراً فإنه يتطلب استثمارات لتشغيل عناصر بشرية، ونظام للخدمة والتي تكون في حدود السلطة المحلية بما يتطلب المباحثات المبكرة حول هذه الموضوعات مع الحصول على الضمانات الكافية، وذلك قبل الدخول في مرحلة الإنشاء للمشروع. وهذه المباحثات ليست دائما سهلة وذلك؛ لأن بعض الحكوميين سواء تم تعيينهم أو اختيارهم سوف يدافعون بشدة عن نفوذهم رغم عدم خبرتهم السابقة في إدارة نظم الإمداد بالمياه.

5- القوى البشرية والتدريب:

يتوقف عدد العمالة اللازمة لإدارة وتشغيل وحدة صغيرة للإمداد بالمياه على نوع شبكة التوزيع، وسواء كان التوزيع يتم من محطة معالجة للمياه أو من محطة ضخ . ونظراً لأنه ليس من المتوقع توفر كوادر فنية مؤهلة في التجمعات الصغيرة والقري، لذلك يكون من الممكن عادة تجنيد وتدريب عمال جيدين في مجالات الإدارة والتشغيل، ويتم ذلك في مرحلة الإنشاء حيث قد يمكن اختيار وتدريب هذه العمالة التي سيوكَّل إليها التشغيل، حيث تتوفر الفرصة؛ لمعرفة المكونات وتركيباتها وعملها، وبذلك يمكنهم الفهم الجيد والقيام بأعمال الصيانة المتوقعة. كما يمكن اختيار العمالة المقبولة لدي السلطات المحلية ومما لديهم أقل المؤهلات اللازمة.

أما التحدّي الحقيقي فيكون عند استخدام العمالة التي تحاول الاحتراف. حيث يكون المهندسون والمديرون الخبراء في نظم المياه للمجتمعات مهتمون بإدارة البرنامج بين التوجيه والتخطيط والمراجعة والإشراف، مما يتطلب وجود مجموعة من غير كاملي الاحتراف ور/أو العناصر ذات الخبرة في مجال الإصحاح البيئي؛ لتدريبهم من يوم لأخر في التعاون مع الأهالي، وجمع البيانات الحقلية، والبحث عن مصادر المياه، إعداد الرسومات التصميمية والمرور؛ للتفتيش على الأعمال التي تمَّت .كل شخص في موقع الإشراف يقوم بعدة مهام بما يتطلب التدريب ورفع الكفاءة على تلك المهام . لذلك فإن التدريب للطاقة البشرية التي تعمل في مجال توفير المياه للمجتمعات السكانية الصغيرة له خصوصية وأهمية خاصة .

ينظم التدريب بما يحقق التركيز على النواحي العملية مع أقل ما يمكن من المحاضرات النظرية مع إعطاء شهادات نتيجة امتحانات عملية لكل مستوى من

المتدربين عن موضوعات الإمداد بالمياه، كما يمكن أن يُستعان بالمؤسسات التعليمية في هذا المجال وخاصة مراكز التدريب الحرفية.

إنه ليس من السهل إقناع الحكوميين المنوط بهم مشروعات المياه سواء كانوا إداريين أو فنيين بمبدأ خدمة الأهالي في المناطق المنعزلة؛ لذلك يلزم التوجيه لأهمية ومسئولية تقديم الخدمة المناسبة لهؤلاء. وعلي الجانب الأخر يلزم توفُّر القناعة لدى الأهالي عن الاعتزاز بملكيتهم لنظام توفير المياه الآمنة، وهذا من الأمور التي ليست سهلة أو يمكن تحقيقها بسرعة. فبمجرد إقامة المشروع فإن مبدأ الخدمة سوف يتطور ويصبح مقبولاً. ولذلك فإن المراحل الأولي هي الأوقات الحرجة.

6- مساهمات الأهالي:

من بين المشاكل المتوقعة تأكيد قبول الأهالي لتوفير المياه لهم خلال نظام إمداد بالقدر المناسب، حيث قد لا يكون حجم المياه المتوفرة بالقدر الذي يتناسب مع توقعاتهم. والانتظار في طوابير للحصول على المياه من نقط توزيع المياه الجماعية، هذا بالإضافة إلى عدم توفير المياه باستمرار حيث تتوفر غالبا في توقيتات متقطعة خلال عدة ساعات يومياً.

في بعض الحالات يتوجَّه المهندسون والفنِّيون لإقامة نظام لتوفير المياه إلى التجمعات الصغيرة مع توقع استخدام السكان لهذا النظام لمدة طويلة . ولكن في العادة لا يؤخذ رأي المستفيدين في أمور التصميم والإنشاء، والصيانة بما يجعل من الصعب استمرار الأداء الجيد لهذا النظام ما لم يؤخذ رأي المواطنين.

إن مساهمة المواطنين إلى درجةٍ ما تجعل النظام مقبول، ويتم تفادي سوء الاستخدام وتلف النظام. فقد وجد أنه مع التوجيه والإرشاد يمكن أن يساهم الأهالي في التخطيط، والإنشاء، والتشغيل، والصيانة لنظم الإمداد بالمياه لمجتمعهم.كما تسهم المشاركة المبكرة في مرحلة التنظيم في نجاح المشروع . ومن هذه المشاركة اختيار المصدر، ومستوى الخدمة، وموقع محطة المياه وهي قرارات يلزم مشاركة الأهالي فيها والاستفادة من آرائهم.

مساهمات الأهالي في مرحلة الإنشاء يمكن أن تكون بأشكال متعددة منها المساهمات المالية، والعمالة، والمواد، والخدمات، والإدارة بما يقلل من النفقات الكلية، هذا مع تنمية الشعور بالإنتماء والاعتزاز بالنفس، تنمية المهارات المحلية هذا مع توفير المشرفين الفنيين.

وفي مرحلة التخطيط يجب رفع مستوى الوعي لدي المواطنين من ناحية الصحة العامة ليس فقط بالمحافظة على استخدام مياه الشرب الآمنة ولكن كذلك تجنب التلوث والتخلص الأمن من المخلفات، ونظام الملبس، وخلو الغذاء من الملوثات، أهمية شرب الماشية والحيوانات المنتجة للألبان واللحوم من مصادر مياه

غير ملوثة؛ حتى لا تكون السبب في نقل الأمراض الوبائية، ولذلك يمكن ربط برنامج توفير مياه الشرب النقية بالبرامج الأخري مثل الصحة الوقائية أو الإصحاح البيئي أو محو الأمية.

7- الصيانة:

لقد ثبت في كثير من الحالات أنه من الصعب استمرار وحدة الإمداد بمياه الشرب للتجمعات السكانية الصغيرة في حالة جيدة، حيث يكون الإنشاء أسهل من الصيانة والتشغيل. ويرجع ذلك إلى إهمال الصيانة الحقيقية . المبدأ الأساسي في التخطيط والتصميم هو أن يكون الأداء الفني يُحقق متطلبات الصيانة لمكونات المحطة وأن يكون مخطط الصيانة واضح واقتصادي وترجع صعوبة الصيانة إلى الآتي:

المعدات، والمواد المستخدمة تعمل في ظروف غير مناسبة وغير مطابقة للتصميم. عدم معرفة العمال؛ بسبب الجهل أو الإهمال لشواهد حدوث التلف أو التوقف .

العامل المثالي لوحدة معالجة مياه صغيرة يقوم بالإشراف، وكذلك عمل الوصلات المنزلية، قراءة العدادات، حل المشاكل والشكاوى ويقوم بطلب الاحتياجات من المواد والمعدات والأجهزة، كما يكون قادراً على مناقشة الاحتياجات مع رئاسة الحي أو القرية أو المرفق . كما يجب معرفة أن توقف المحطة عن العمل؛ يعرض مكوناتها للتلف السريع. هذا بالإضافة إلى احتمالات التلوث للمياه؛ نتيجة هذا التوقف بما يتطلب أن تؤخذ هذه السلبيات في الاعتبار، والعمل على تجنبها سواء بسرعة الإصلاح أو تفادي حدوثه أو معالجة الشبكة بالمطهرات بعد التوقف .

وعموما لايمكن تحاشي حدوث تلفيَّات في المحطة بما يتطلب توفير الآتي :

*ورشة مجهزة بالآلات المطلوبة. *مخزون من المهمات وقطع الغيار.

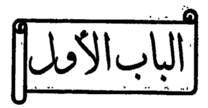
*طاقم صيانة مدرب. *وسيلة اتصالات.

*خطة صيانة ملزمة. *عناوين الموردين والفنيين.

الفصل الأول

مصادر توفير الاحتياجات من المياه

* كمية ونوعية المياه
* مصادر المياه
* حصد مياه الأمطار والعيون
* المياه الجوفية والآبار
* آبار الحفر والتغويض
*مآخذ المياه السطحية
* التغذية أو إعادة شحن الخزان الجوفى
* توفير مياه الشرب للتجمعات فى السواحل البحرية
* رفع (ضخ) المياه



1ـ كمية ونوعية المياه :

أ- معدلات استهلاك المياه :

طبقاً للظروف المناخية وظروف العمل، يحتاج الإنسان إلى حوالي 3 – 10 لتر من المياه في اليوم لمختلف الأغراض. جزء من هذا الماء يتم الحصول عليه من الغذاء. معدل استخدام المياه لإعداد الطعام وطهيه يكون ثابت نسبياً، بينما كمية المياه المستخدمة في الأغراض الأخري تختلف كثيراً، حيث تتوقف على نوع ومدي توفر الإمداد بالمياه. العوامل التي تؤثر على استخدام المياه هي المستوى الثقافي ومستوي المعيشة، بالإضافة إلى مستوى الإنفاق للحصول على المياه، نوعية المياه. يمكن تقسيم المياه المستخدمة في الأغراض المنزلية إلى الآتي :

*إعداد الطعام وطهيه.
*النظافة العامة والغسيل والنظافة الشخصية.
*ري حديقة المنزل.
*مياه لشرب الطيور والحيوانات المنزلية.
*المياه المستخدمة في التخلص من المخلفات.

توفر الوصلات المنزلية يحقق مستوى عالي من الخدمة أفضل من حالة الصنبور المركب في صحن المنزل، والذي بدوره يكون أفضل من النقطة العامة للحصول على المياه كما في حالة نقطة جمع المياه من البئر. ويتوقف اختيار نوع ونظام توفير المياه على اعتبارات التمويل بالإضافة إلى مكان وتعداد التجمُّع السكاني،والحالة الجغرافية ومصدر المياه المتاح.

استخدام واستهلاك المياه يُقدَّر عادة بمعدل استهلاك الفرد في اليوم ذلك متضمناً كل الاستخدامات الأسرية وخدمة المجتمع كما في الجدول رقم (1). في بعض الحالات يكون من السهل حصر الأسر في المجتمع عن طريق حصر عدد الأفراد، عندئذٍ يكون معدل الاستهلاك للأغراض المنزلية للمياه طبقاً لمتوسط عدد الأسر. عادة يكون استهلاك المياه للأغراض المنزلية شاملاً لاستعمالات أخرى للمياه، مما يتطلب إضافة كميات أخرى من المياه كما في الجدول رقم (2).

تستخدم كل متطلبات المياه في التخطيط الأولي والتصميم الأولي، مع تدقيق هذه البيانات في مرحلة التصميم النهائي. ولكن من الصعب التقدير الدقيق للاحتياجات المستقبلية للتجمعات السكانية. ويتم تقدير ذلك بواسطة مهندسى التصميم. تتضمن استخدامات المياه التى ذُكرت حوالي 20% زيادة؛ نتيجة الفقد في المياه وسوء الاستخدام. وفي حالة وجود تسرب أو وصلات خلسة تزداد نسبة الفاقد حتى قد تصل إلى 35-50% . كتقدير عام فإن الإمداد بالمياه يكون (بمعدل 0.1

لتر/الثانية لكل ألف شخص). فى حالة نقطة مياه مجمَّعة، 1.5 لتر فى الثانية لكل ألف شخص عند استخدام وصلة منزلية أو وصلة واحدة لصحن المنزل.

جدول رقم (1) لمعدل الاستهلاك المنزلي للمياه

نوع الإمداد بالمياه	معدل الاستهلاك المتوسط لتر/ فرد/ اليوم	معدل الاستهلاك المتوسط لتر/فرد/ اليوم من — إلى
* نقطة توزيع مجمَّعة(عامة)		
* (بئر القرية أو نقطة التوزيع)		
* نقطة توزيع عامة		
* على مسافة اكثر من 1000متر	7	10-5
* على مسافة من 500-1000 متر	12	15-10
* بئر القرية		
* مسافة السير أقل من 250متر	20	25-15
* نقطة توزيع عامة		
* مسافة السير أقل من 250متر	30	50-20
* وصلة في صحن المنزل	40	80-20
* وصلة منزلية		
صنبور واحد	50	60-30
أكثر من صنبور	150	250-70

جدول (2) الاحتياجات المختلفة من المياه :

النشاط	معدل الاستهلاك
مدرسة يومية بدون إقامة	15-30 لتر يوم / للتلميذ
مستشفيات	200-300 لتر يوم / لكل سرير
فنادق	80- 120 لتر يوم / لكل زائر
مطاعم	60-90 لتر يوم / لكل مقعد
مساجد	25-40 لتر يوم / لكل زائر
سينما / مكتب / محطة مواصلات	15- 40 لتر يوم / لكل شخص
الماشية والحيوانات	10- 25 لتر يوم / للرأس الواحدة
الدواجن والطيور المنزلية	15-20 لتر يوم / لكل 100

ولحسابِ الزيادة المستقبلية في عدد السكان وزيادة الاستهلاك؛ فإنه يلزم طاقة زائدة من المياه، حيث يُبني التصميم على :

الاحتياجات اليومية من المياه عند نهاية المدة المحددة (10سنوات كمثال).

أو الاحتياجات اليومية الحالية من المياه مضافاً إليها 50%.

أو الاحتياجات طبقا لمعدل النمو السكاني.

معامل معدل النمو السكاني كما في الجدول (3) كما يجب أن يؤخذ في الاعتبار ساعات الذروة في استهلاك المياه خلال اليوم.

جدول (3) معامل النمو السكاني

فترة الاستخدام بالسنين	معدل النمو السنوي			
	% 2	% 3	% 4	% 5
10	1.22	1.34	1.48	1.63
15	1.35	1.56	1.80	2.08
20	1.49	1.18	1.19	2.65

ب - نوعية المياه :

لقد أجريت دراسات كثيرة حول علاقة نوعية المياه وأثرها على الصحة العامة. يتم تقييم نوعية المياه طبقاً لاختبارات؛ لتعيين الكائنات الحية الدقيقة، والمواد الغير عضوية والعضوية في الماء.

المتطلبات الأساسية لمياه الشرب يجب أن تكون كالآتي :

خالية تماماً من الكائنات الحية المسببة للأمراض الوبائية.

لا تحتوي على المركبات ذات الأثر الضار على الصحة العامة التي تتسبب في حدوث الأمراض المزمنة (مثل الفشل الكلوي).

خالية من المواد العالقة والمسببة للعكارة أو اللون أي ذات شفافية عالية، غير مالحة لا تحتوي على أى مواد مُسببة للمذاق أو الرائحة.

لا تسبب تآكل أو ترسيبات في شبكة الإمداد، ولا تسبب حدوث ترسيبات ملوثة عند استخدامها في الأغراض المنزلية.

إن أهم المعايير لنوعية المياه المستخدمة للشرب هى النوعية البيولوجية أى المحتوي من البكتريا والفيروسات . نظراً لأنه ليس من السهل اختبار المياه عن كل محتواها من الكائنات الحية الدقيقة (ومنها البكتريا والفيروسات). وبدلاً من ذلك فإن المياه تُختبر بالنسبة لنوع واحد من البكتريا، والتي توجد بأعداد كبيرة في الإفرازات المخاطية لذوات الدم الحار (الإنسان، الحيوان، الطيور) وحيث وجودها يعني حدوث التلوث الغائطي بهذه الإفرازات لذوات الدم الحار، هذه البكتريا المؤشر يجب أن تكون غائطية. البكتريا الغائطية توجد بأعداد كبيرة من مجموعة البكتريا والتي تسمي الكوليفروم.

توجد أنواع كثيرة من بكتريا الكوليفورم في التربة، ولكن بكتريا الكوليفورم المناسبة كمؤشر لحدوث التلوث الغائطى هي المعروفة بالأسماء: إشيرشي كولاي(أي – كولاى)، إستربتوكوكاى الغائطية، هذه البكتريا قادرة على التكاثر بسهولة.عند وجود هذه البكتريا في الماء فإن ذلك يعتبر مُؤشر لحدوث تلوث غائطي حديث وبناء على ذلك فإنه يحتمل وجود الكائنات الغائطية المسببة للأمراض من البكتريا والفيروسات . يمكن استخدام نوع واحد أو نوعين من بكتريا المؤشر(الكوليفورم) كمؤشر لحدوث التلوث الغائطي وهما الإشيرشي – كولاى، الأستربتوكوكاى.

في معظم نظم إمدادات المياه الصغيرة يحتمل وجود البكتريا الغائطية، إنه ليس من المناسب رفض كل العَينات المحتوية على بعض التلوث الغائطي، وخاصة عندما يكون البديل هو مصدر أخر أكثر تلوثاً. ولذلك فإن اختبار نوعية البكتريا في الماء؛ يتم لمعرفة مستوى التلوث الغائطي، وكذلك كمية التلوث في أى مصدر بديل. مثل الاختبار البكتوبولوجي للمياه. يتم بجمع عينات من الماء في آنية مُعقَّمة طبقاً لخطة معملية. يتم حفظ العينات بعيداً عن أشعة الشمس في درجة حرارة منخفضة (باردة). يكون من الضروري عمل الاختبار البكتروبولوجي للعينات خلال عدة ساعات قليلة بعد أخذ هذه العينات من المصدر.

توجد طريقتين لعمل الاختبارات لمستوي الكولاى الغائطي (الاشيرشى كولاى) والاستربتوكوكاى الغائطي في الماء: وهما طريقة الأنابيب المتعددة وطريقة الترشيح الغشائي.

في طريقة الأنابيب المتعددة : يتم وضع كمية صغيرة مناسبة من الماء (من عينة الماء) في حضَّانات (5-10 قنينات صغيرة محتويه على غذاء البكتريا) والعدد الأكثر احتمالاً للبكتريا يتم تقديره على أساس عدد القنينات التي يظهر فيها نمو البكتريا.

وفي طريقة الترشيح الغشائي : يتم ترشيح المياه خلال غشاء من نوع معين من الورق الذي يقوم بحجز البكتريا. يتم وضع الغشاء في مجال غذائي معين وتحضينها.تتكاثر البكتريا مكونة مجموعات يمكن رؤيتها ويمكن عدها – النتيجة يعبر عنها بعدد البكتريا في كل 100سم^3 من عينة المياه. يمكن عمل اختبار العد لبكتريا الكولاى والاستربتوكوكاي خلال 24، 48 ساعة بالتوالى. لا توجد حاجة لعمل اختبارات لتأكيد نوع البكتريا كما في حالة طريقة الأنابيب المتعددة.

الأجهزة والمواد الضرورية لطريقة الأنابيب المتعددة لبكتريا الكولاي أقل فى التكلفة ومتوفره في الدول النامية، أكثر من تلك اللازمة في حالة طريقة الغشاء. ولكن مشكلة الأنابيب المتعددة هي أن زمن التحضين خمسة أيام ليس عملياً.

طريقة الترشيح قابلة للاستخدام لكل من بكتريا الكولاي وبكتريا الاستربتوكوكاى، بالإضافة إلى أنها تعطي نتائج سريعة سهلة التقدير ودقيقة إلى حد كبير. كما يمكن

عمل تجربة الغشاء في الموقع في عربة المعمل. كما أن طريقة الأنابيب المتعددة سهلة الكسر بما يتطلب عناية خاصة عند التداول والنقل مع أخذ كل هذه العوامل في الاعتبار فإنه يوصى باستخدام طريقة الترشيح الغشائي.

في أى من الطريقتين فإن عملية التحضين هي التي تُشكّل صعوبة، وتظهر هذه الصعوبة في التحكم الدقيق في درجة الحرارة. حيث بالنسبة لبكتريا الكولاي الغائطية فإن درجة الحرارة يكون التحكم فيها بدقة عن درجة 44.5° ± 0.2 م. التحكم في درجة الحرارة هذه ليس من السهولة توفيره في الحضّانة في الظروف الحقلية، ولكن توجد حضّانات ميدانية محمولة يمكن أن توفر درجة الحرارة المطلوبة في هذا المجال الضيق المطلوب، وإن كان يلزم لها مصدر طاقة مثل بطارية العربية لتشغيلها. أما في حالة عدم إمكان التحكم في درجة حرارة التحضين فإن الطريقة التي يوصى بها هى العد لبكتريا الاستربتو كوكاى الغائطية. حيث يتم التحضين في درجة حرارة ما بين 35-37°م والتي يمكن تحقيقها بسرعة. عندما يكون من الممكن عمل كلا الاختبارين لكل من بكتريا الكولاى وبكتريا الاستربتوكوكاى الغائطية، فإن هذا يمكن أن يوفر مراجعة جيدة للنتائج، بالإضافة إلى معرفة مصدر التلوث الغائطي سواء كان هذا المصدر حيواني أو آدمي وذلك على أساس حساب النسبة؛ لوجود كلا النوعين من البكتريا.

بيانات نوعيات البكتريا الآتية تعتبر مقبولة في إمدادات مياه الشرب :

بكتريا الكوليفورم (متوسط العدد الموجود في عينة مياه الشرب) أقل من 10 في كل 100سم^3. بكتريا إي كولاى : أقل من 2.5 في كل 100سم^3.

في بعض الحالات قد تكون نوعية المياه في إمدادات مياه الشرب مقبولة بكتربولوجيا، ولكنها غير مناسبة للشرب؛ بسبب وجود محتوي زائد من المواد العضوية والغير عضوية. وترجع هذه المشكلة؛ لوجود الحديد والمنجنيز، الفلوريدات، النترات، العكارة، اللون.

الجدول رقم (4) يوضح الخطوط الإرشادية لمعايير نوعية المياه بالنسبة لهذه الملوثات وغيرها. يلزم تطبيق هذه المعايير بالحسِّ العادي وخاصة في حالة الإمدادات الصغيرة للمياه، حيث اختيار المصدر وفرص المعالجة محدودة . كما يجب عدم الالتزام بهذه الإرشادات في حالة المياه الجوفية وخاصة في حالة وجود نسبة عالية من الحديد. ولكن يجب الالتزام بمعايير المواد السامة والتي تحددها السلطات المسئولة عن الصحة العامة .

وإن كانت وحدات إدارة ونظام الإمداد بالمياه تقوم بالاختبارات المعملية لنوعية المياه، إلا أن القرار النهائي نحو صلاحية المياه للشرب من عدمه يكون بواسطة الجهة المسئولة عن الصحة العامة. وفي جميع الحالات يجب المحافظة على عدم

تلوث المصدر المائي سواء كان سطحي أو جوفي من مسببات الأمراض والتلوث سواء غائطي أو من المصادر الأخري كالصرف الصحي والصناعي وخلافه.

جدول (4) الخطوط الإرشادية لنوعية مياه الشرب طبقا لإصدارات منظمة الصحة العالمية في حالة الإمداد بالمياه للتجمعات الصغيرة

المعايير	وحدة القياس	المستوى من ـــ إلى
الأملاح الكلية المذابة	ملجرام / لتر	1500-500
العكارة	وحدة نيفيلومتري	25-5
اللون	ملجرام بلاتين / لتر	50-5
الحديد	ملجرام / لتر	1.0-0.1
المنجنيز	ملجرام / لتر	0.5-0.05
النترات	ملجرام نترات / لتر	50-10
النيتريت	ملجرام/نيتريت / لتر	2-1
الكبريتات	ملجرام/كبريتات/ لتر	400-200
الفلوريد	ملجرام / لتر	2-1
الصوديوم	ملجرام / لتر	300-120
الزرنيخ	ملجرام / لتر	1.0-0.05
الكروم (السداسي)	ملجرام / لتر	1.0-0.05
السيانيد	ملجرام / لتر	0.2-0.1
الرصاص	ملجرام / لتر	0.1-0.05
الزئبق	ملجرام / لتر	0.005-0.001
الكادميدم	ملجرام / لتر	0.1-0.005

تقييم الأثر الصحي للمصدر المائي :

يتم دراسة وتقييم الأثر الصحي للمصدر المائي بالتفتيش الحقلي والتقييم بواسطة عناصر مؤهلة لكل الظروف والتجهيزات والعمليات التي تتم في نظام الإمداد بالمياه، والتي قد تؤثر علي الصحة العامة. يتم ذلك لكل جزء من نظام الإمداد . مع الأخذ في الاعتبار أنه مهما كان الحرص في الاختبار البيولوجي أو الكيماوي فإنه لا يغني عن المعرفة الكاملة لظروف المصدر ونظام التوزيع للمياه. يلزم التفتيش ومراقبة صلاحية الإمدادات ضمن خطة موقوتة وذلك من المصدر حتى

المستهلك بواسطة عناصر متخصصة وذلك مع أخذ العينات الخاصة بالاختبارات البيكتريولوجية مع تغيير الظروف المناخية مثل هطول الأمطار أو القيام بأعمال الإصلاح والصيانة أو الإنشاءات الجديدة. يمكن رغم صلاحية نتائج الاختبارات الكيماوية والبيولوجية عدم الأخذ بها في حالة التشكك في احتمالات التلوث، ذلك لأن التلوث يحدث بصورة متقطعة حيث يصعب كشفه بهذا الاختبار من عينة واحدة والتي تعطي معلومات فقط عن الحالة السائدة أثناء أخذ العينة، ولهذا فإن النتائج المطمئنة لا تضمن أن هذه الظروف سوف تستمر في المستقبل.

عند دراسة مصدر جديد فإن دراسة الأثر الصحي تتم جنباً إلى جنب مع جمع البيانات الهندسية الأولية عن ملاءمة المصدر وطاقته؛ لتوفير الاحتياجات الحالية والمستقبلية. كما يشمل التقييم الكشف عن كل مصادر التلوث للمصدر ونظام الإمداد وتقييم آثارها الحالية والمستقبلية. في حالة المصدر القائم فإن الدراسة يجب أن تشمل التحكم في مصادر التلوث والمحافظة على نوعية المياه كما يناط بالقائمين على هذا العمل تقديم النصيحة لإزالة العقبات وتحسين نوعية المياه، وهذا يلقي العبء على القائمين بالتصميم؛ لوضع نظم المعالجة، والمراجعة المعملية لصلاحية المياه.

يتم هذا التقييم عند استخدام مصدر جديد مع عدم توفر التفصيلات لتعيين مدي ملائمة المصدر، ودرجة المعالجة اللازمة لصلاحية المياه للاستخدام الآدمي . وينطبق ذلك على توصيل الخدمة من المحطات الرئيسية. وعند وجود تلوث نتيجة الاختبارات المعملية؛ فإن ذلك يرجع عادة إلى عدم كفاية الكلور كما يتم التقييم عند ظهور مرض وبائي في المنطقة، أو بالقرب منها. كما يتم عند حدوث تغيُّر يؤثر على نوعية المياه مثل إقامة صناعات جديدة كما يجب أن تتم المراقبة الصحية مصحوبة بالاختبارات المعملية طبقاً لخطة زمنية موقوتة.

ذلك بالإضافة إلى حث الأفراد والمجتمع لمراقبة المحافظة على نوعية المياه وحمايتها من التلوث، والإبلاغ عن أى تجاوزات هذا بالإضافة إلى المعاونة الفنية ما أمكن ذلك.

أخذ العينات والمتابعة :

يتم أخذ العينات من وحدة مياه الشرب والشبكات؛ لتعيين صلاحية المياه، ويجب أن تكون العينة ممثلة للواقع ولكل نوعية نظراً؛ لأنه لا يمكن عمل التحاليل لكل المياه كما يجب العناية بأخذ العينة وأخذها من الأماكن الممثلة للواقع.

معدل أخذ العينات يتم طبقاً لخطة شهرية؛ لتحديد نوعية البكتريا، الكلور المتبقي. تؤخذ العينات لمعرفة التلوث البيولوجي يوميا بالنسبة للمياه المعالجة بالكلور في حالة المحطات الكبيرة. أما بالنسبة للمحطات الصغيرة والآبار فإنه يمكن أن يتم أخذ العينات للمياه التي تخدم تجمعات سكانية عددها 10000 نسمة فأقل

في كل شهر أو كل أسبوع مع التركيز على أخذ العينات لقياس الكلور المتبقي وذلك مع الأخذ في الاعتبار للظروف البيئية.

لا يتم أخذ العينات من مكان واحد ولكن من أماكن مختلفة في شبكة التوزيع. العينات للتحاليل البيكترولوجية والكلور المتبقي، يتم أخذها من مناطق معروفة مثل الأماكن ذات النتائج الضعيفة سابقاً، المناطق ذات الضغط المنخفض، المناطق حيث التسرب العالي،الخزانات المفتوحة والغير محمية، النهايات الميتة في خطوط المواسير والمناطق على تخوم النظام وبعيدة عن وحدة المعالجة.

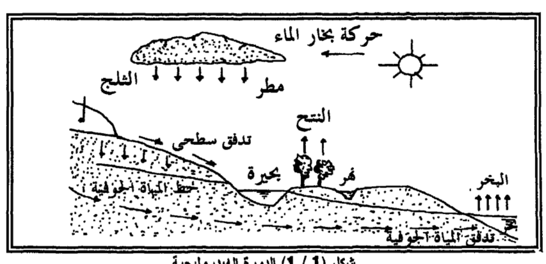
معظم التجمعات الريفية الصغيرة تستخدم المياه من مصادر مختلفة قد تكون ثلاثة أو أربعة مصادر وقد يصل إلى أكثر من ذلك في بعض الأحيان لذلك فإن مكان أخذ العينات يجب أن يشمل كل هذه المصادر بالتناوب، حيث يزداد معدل أخذ العينات للمصادر التي تخدم التجمعات الكبيرة، مصادر المياه السطحية، المصادر التي تخدم الشبكة القديمة، المصادر المعروفة بمشاكلها السابقة.

2- مصادر المياه :

أ- وجود وهيدرولجية المياه :

الخطوة الأولي في تصميم نظام الإمداد بالمياه هو تحديد المصدر أو المصادر المناسبة والتي توفر الكم المطلوب وبالنوعية المناسبة.

الماء على سطح الأرض سواء كان في شكل بخار الماء أو كمياه الأنهار العذبة أو مياه البحيرات، أو مياه البحار والمحيطات، أو المياه الجوفية في التربة الأرضية ليست في حالة ثبات ولكنها في حالة تدوير مستمر وهذه تسمي الدورة الهيدرولوجية شكل (1).



شكل (1 / 1) الدورة الهيدروليجية

القوة الدافعة للدورة الهيدروليجية هي: الطاقة الشمسية والجاذبية الأرضية ؛ المياه في الجو تسقط على الأرض في شكل أمطار أو ثلوج أو كبرد وقد تتكثف على سطح الأرض أو على النباتات. ليست كل هذه المياه تضاف إلى موارد المياه السطحية أو الجوفية نظراً؛ لأن جزء منها يتبخر ويعود مباشرة إلى الجو والجزء الأخر يحتجز بواسطة النباتات أو على سطح الأرض مسبباً بلل لسطح التربة. المياه التى تتراكم على سطح الارض في شكل برك معرضة للبخر وكذلك مياه البحريات، وجزء آخر يتسرب إلى جوف الأرض(كل النباتات تحصل على المياه خلال جذورها،وتطرد المياه أثناء عملية النتج من أوراقها).

المياه التي تتسرب إلى الأرض تتدفق إلى أعماق صغيرة أسفل سطح الأرض إلى المسطحات المائية أو قد تتسرب حتى تصل إلى منطقة الخزانات الجوفية. هذه المياه الجوفية سواء كانت ضحلة أو عميقة ليست في حالة ركود ولكنها تتدفق أسفل سطح الأرض في اتجاه ميل خط المياه الجوفية . عاجلاً أم آجلاً تخرج المياه ثانيا على السطح إمًا في شكل عيون أو تتدفق إلى الأنهار والبحيرات . ومن هذه المجاري المائية والمسطحات المائية العذبة والمالحة تعود المياه ثانياً في شكل بخار إلى الجو ثم تبدأ ثانياً كل الدورة الهيدرولجية وهكذا.

كمية المياه الكبيرة على سطح الأرض توجد في البحار والمحيطات وهي مياه مالحة، أما كمية المياه العذبة فهي بنسبة تقل عن 3%، ثلثي هذه الكمية من المياه العذبة تكون في جبال الجليد والمياه العذبة في جوف الأرض وفي كل المسطحات المائية العذبة (الأنهار،البحيرات.. الخ) تصل إلى أقل من 1% من المياه على سطح الأرض في العالم كله. معظم المياه العذبة في جوف الأرض حيث تصل كمية هذه المياه على عمق حتى 50 متر إلى حوالي ستة ملايين كيلومتر مكعب، وحتي 2 مليون كيلو متر مكعب على الأعماق الكبيرة عكس ما يعتقد البعض. كمية المياه في المسطحات العذبة صغيرة حيث تصل إلى20000 كم^3 المياه في الجو حوالي 13000 كم^3. الجدول (5) يوضح متوسط الترسيبات والبخر لمختلف القارات .

البيانات الهيدرولوجية على مستوى العالم وعلي مستوى القارات ليست ذات قيمة كبيرة بالنسبة لمهندسي الإمداد بالمياه، وبعيداً عن علمه بأن كل الموارد المائية متصلة ببعضها البعض وهي تشكل الدورة الهيدرولوجية إلا أنه يحتاج إلى معرفة كمية مياه الأمطار معدل تدفق مياه الأنهار، عمق المياه الجوفية، ومعدل البخر. وهذه المعلومات نادراً ما تكون متاحة بما يتطلب عمل القياسات الحقلية لمعرفتها.

جدول (5) معدل الترسيبات، ولبخر في مستوى القارات

القارة	معدل الترسيبات (الأمطار) مليمتر في العام	معدل البخر مليمتر في العام	مياه سطحية وجوفية
أفريقيا	670	501	160
أسيا	610	390	220
أوروبا	600	360	240
أمريكا الشمالية	670	400	270
أمريكا الجنوبية	1350	860	490
استراليا ونيوزلندة	725	410	60
القيمة المتوسطية بالنسبة للمساحة	725	482	243

ب- نوعية مصادر المياه:

وجود المياه السطحية والمياه الجوفية يرجع؛ بسبب هطول الأمطار. كل مياه الأمطار تحتوي على مواد من الجو، حيث تحصل المياه على الغازات الموجودة في الجو،وتحصل على الأملاح من فوق أسطح البحار والمحيطات، وكذلك الأتربة في المناطق الجافة تختلط بمياه الأمطار. مياه الأمطار تكون عادة حامضية إلى درجةٍ ما بسبب تفاعلها مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو أو من حامض الكربونيك . عند التصاق مياه الأمطار بالغازات المسببة للتلوث في الجو مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت (الناتج عن بعض الصناعات والبراكين) فإن مياه الأمطار تصبح حامضية بما يسبب التآكل والمذاق المر للمياه. ولكن في المناطق الريفية فإن هذه المشكلة غير واردة . عند وصول مياه الأمطار إلى سطح الأرض فإنها إما أن تتدفق على السطح أو تتحرك إلى جوف الأرض، حيث تلتقط كميات من المواد والمركبات المعدنية وكذلك المواد العضوية، وكذلك بعض الخضروات، والأعشاب والكائنات الدقيقة وحبيبات التربة .

وكذا يمكن التقاط المخصبات (الأسمدة) والمبيدات في المناطق الزراعية وعند تدفق المياه أسفل سطح التربة فإن المياه تذيب بعض المكونات من التربة، وخاصة أملاح الكربونات ــ الكبريتات، الكلوريدات، الكالسيوم، المغنسيوم، والصوديوم وبذلك تزداد كمية الأملاح المذابة في الماء، وفي نفس الوقت يحدث ترشيح بما يزيل المواد الصلبة العالقة . كما أن بعض المواد العضوية يحدث لها تحلل. كما قد تحدث عمليات امتصاص وعمليات أخرى للأملاح العالقة والمذابة. عند وجود كميات كبيرة من المواد العضوية أما تحت سطح التربة أو في المياه المتسربة فإن الأكسجين في المياه الجوفية يستهلك، عندئذ خلال النشاط البيولوجي؛ نتيجة لذلك

تحدث عمليات كيميائية منتجة الأمونيا وكبريتيد الهيدوجين نتيجة الاختزال البيولوجي لأملاح النترات والكبريتات الموجودين في الماء، وكذلك فإن أملاح الحديد والمنجنيز تذوب في الماء.

عند وجود المياه الجوفية على عمق قليل أقل من 10 متر فإنه يحتمل تلوثها بالملوثات الغائطية من المصادر السطحية مثل خزانات التحليل أو المراحيض. يمكن حمل البكتريا المسببة للأمراض والفيروسات من هذه المصادر بواسطة المياه الجوفية، رغم احتمالات التصاقها بالادمصاص بحبيبات التربة . عند تقييم احتمال الأثر الصحي للمياه الجوفية فإنه يتم زيادة الاهتمام بمعرفة زمن رحلة المياه الجوفية خلال طبقات التربة أكثر من معرفة مسافة تدفق المياه إلى نقطة السحب. في التربة ذات الطبقات من الحجر الجيرى والصخور المفتتة فإن الملوثات الآدمية يمكن أن تحمل إلى عدة كيلومترات بعيدة عن مصدر التلوث. أما فى حالة التربة الرملية فإن معدل حركة المياه الجوفية تكون بطيئة حيث يؤخذ في الاعتبار التلوث من المصادر القريبة فقط، وذلك عند اختيار نقطة سحب المياه الجوفية.

كلا من مياه الامطار التي تتدفق على سطح الأرض وكذلك المياه الجوفية سوف تصل إلى مجري مائي أو نهر أو بحيرة حيث تتعرض المياه للتلوث من المخلفات الآدمية والحيوانية، ومن النباتات والطحالب. كما أن المياه في الأنهار قد تكون محملة بالمواد الصلبة العالقة والعكارة وخاصة عند الفيضان والتي تختلف كمياتها؛ طبقا لسقوط الأمطار وأحيانا في وقت الجفاف تسبب المواد العضوية اللون لمياه النهر.

في المياه السطحية تكون عمليات المعالجة والتنقية الذاتية هامة، حيث التهوية تعمل على جذب الأكسجين من الجو إلى الماء مع انطلاق ثاني أكسيد الكربون في نفس الوقت. في حالة البحيرات والخزانات فإن المواد العالقة ترسب بما يجعل المياه رائقة. وفي غيبة الأكسيجين على العمق بعيداً عن سطح المياه في البحيرة فإن المواد العضوية تتحلل وبالتالي تموت الكائنات المسببة للأمراض من البكتريا والفيروسات (نظراً لأن الفيروسات لا تعيش إلا على الخلايا الحية الحيوانية أو النباتية) .

أما البكتريا فإنها تتحلل لا هوائياً مثل باقي المواد العضوية أو تموت؛ لعدم وجود الغذاء. وبذلك فإن المياه يمكن أن تستعيد نوعيتها الأصلية في حالة عدم وصول ملوثات أخرى لها ولكن قد تنمو النباتات المائية والطحالب في البحيرات وفي البرك. وعموما فإن كل المياه العذبة من المصادر السطحية تحتاج إلى المعالجة قبل استخدامها في الشرب أو في الأغراض المنزلية.

جـ- اختيار مصدر المياه:

عملية اختيار أنسب المصادر للمياه لاستخدامها لإمدادات المياه المنزلية تتوقف على الظروف المحلية. فعند توفر العيون ذات الطاقة الكافية فإن ذلك يعتبر أفضل المصادر. أما في حالة عدم توفر العيون أو يصعب الاستفادة منها فإن البديل المفضل هو المياه الجوفية. في حالة الإمدادات الصغيرة فإن عملية البحث البسيطة تكون مناسبة، على عكس الإمدادات الكبيرة حيث يلزم عمل مباحث هيدرولوجية باستخدام طرق خاصة وتقنيات خاصة.

الآبار التي يتم حفرها يدوياً تكون عادة في إمكانيات الإنشاء بواسطة الأهالي كما يمكن استخدام الآبار الرومانية في حالة مصادر المياه الجوفية الضحلة أما آبار الحفر اليدوي فتكون مناسبة في الوصول إلى أعمال متوسطة. أما أبار المواسير فهي الأكثر مناسبة لسحب المياه الجوفية على أعماق اكبر والتي يمكن استخدامها كذلك في بعض الحالات على أعماق صغيرة. في بعض الحالات يكون حفر آبار المواسير هو البديل المناسب.

أما في حالة عدم ملاءمة أى من البدائل السابقة؛ لأي سبب من الأسباب فإنه يتم اللجوء إلى المصادر السطحية مثل الأنهار أو البحيرات. وهذه المياه تحتاج إلى المعالجة حتى يمكن استخدامها في الشرب وذلك مع الأخذ في الاعتبار عبء التشغيل والصيانة والتكلفة اللازمة.

كما يمكن الاستفادة بحصد مياه الأمطار لاستخدامها في الأغراض المنزلية والشرب مع عمل معالجة بسيطة حيث يتم تخزينها؛ لاستغلالها في فترات الجفاف.

3- حصد مياه الأمطار والعيون:

أ- مياه الأمطار كمصدر للإمداد بالمياه:

في كثير من المناطق في العالم أنشئت مصايد لمياه الأمطار وأحواض لتخزينها، حيث يتم حصد مياه الأمطار عند سقوطها على الأسقف أو على الأرض الطبيعية، أو الساحات أو على الطرق أو باستخدام معدة خصيصاً؛ لحصد مياه الأمطار.

لقد استخدم قدماء المصريين منذ أكثر من 4000 سنة مياه الأمطار في أغراض الشرب والاستخدام المنزلي. تم تخطيط القرى والمدن الرومانية للاستفادة من مياه الأمطار للشرب. فقد استغلت مياه الأمطار في كثير من دول العالم وخاصة في المناطق الجافة لأغراض الشرب.

ولكن هذا المصدر حاليا تم التخلي عنه خاصة بعد دخول المواسير الحاملة للمياه في تلك المناطق الجافة، ولكنه مازال المصدر الوحيد في بعض المناطق

الجافة والقارية في حالة صعوبة الحصول على المياه الجوفية . وفي بعض الدول تستخدم مياه الأمطار كمصدر مكمل للمياه التي تحملها المواسير. وطبقا لظروف كل موقع فإن حصد مياه الأمطار يتم على سطح الأرض أو بجمع التدفقات من على الأسطح المنبسطة للمدقات والطرق وكذلك الوديان الجافة ومجاري السيول بالإضافة إلى استخدام الأسطح المنزلية في حصد مياه الأمطار في دول الغرب المطيرة حيث الأسقف من القرميد أو الخشب والغير متاح في قري مصر.

حصد مياه الامطار على أسطح المساكن :

يمكن حصد الماء النقي من على أسطح المساكن المصنعة من القرميد،أو من الصاج المعرج أومن الألومنيوم أو الاسبستوس أو البلاستيك. الحديث في مادة الأسطح هي المواد المعالجة بالبتيومين وفي جميع الحالات يكون السطح مائل قليلاً في اتجاه ماسورة تلقي المياه . في فترة الجفاف تتجمع الأتربة وأوراق الأشجار ومخلفات الطيور على الأسطح والتي تزال بواسطة أولي مراحل الإمطار، حيث يمكن إزاحة هذه الأمطار الأولي عن مدخل ماسورة التجميع إلى حيث الصرف .

للمحافظة على نوعية المياه التي يتم تجميعها فإنه يلزم النظافة المستمرة مع توفير مصافى من السلك على فوة ماسورة التجميع. نموذج لتجميع مياه الأمطار من أسطح المنازل المستخدم في أوروبا موضح في الشكل (2).

كما يوجد نموذج آخر وهو عبارة عن حوض تخزين تحت سطح الأرض حيث تستقبل مياه الأمطار التي تتدفق من إناء موضوع فوق سطح الأرض شكل (3) والذي يُغذّى حوض التخزين بالمياه من آن لآخر. تتوقف كمية المياه على مساحة سطح السقف ومعدل نزول الأمطار، حيث سقوط الأمطار بمعدل مليمتر واحد على المتر المربع يمكن أن يوفر 0.8 لتر من المياه مع الأخذ في الاعتبار التجاوزات؛ نتيجة البخر والفواقد الأخري .

في حالة سقف منزل 5متر × 8 متر، مع فرض متوسط سقوط الأمطار 200 مليمتر كما في حالة المناطق الشمالية لمصر فإن كمية سقوط الأمطار التي يمكن جمعها في العام تقدر بالأتي:

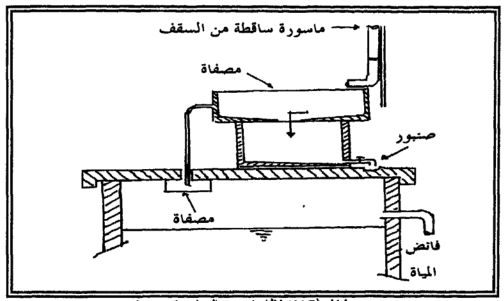
$5 \times 8 \times 200 \times 0.8 = 6400$ لتر في العام

أو $= \frac{6400}{365} = 17.5$ لتر في اليوم

وهذه الكمية من المياه تكفي لأسرة من أربعة أفراد في وقت الجفاف. ويكون متوسط التخزين السنوي (9 أشهر وهي فترة الجفاف وعدم هطول الأمطار).

$= 9 \times 30 \times 17.5 = 4.725 - 5$ متر مكعب

مع الأخذ في الاعتبار زيادة سعة التخزين بنسبة 50%؛ لتكون حوالي 7.5 متر مكعب وفي حالة زيادة مسطح السقف المنزلي يمكن زيادة حصد مياه الأمطار.شكل(1/2)، شكل (1/3).



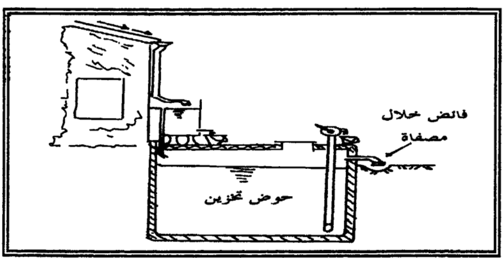
شكل (1/ 2) نظام توجيه المياه وتجميعها

حصد مياه الأمطار من على سطح الأرض:

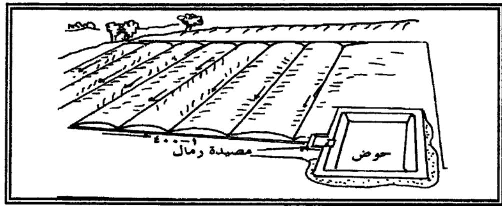
يستخدم سطح الأرض لحصد الأمطار وجمعها عند جريانها على سطح الأرض، حيث جزء من هذه الأمطار سوف يبلل التربة أو يحتجز في المنخفضات، أو يتسرب إلى جوف الأرض أو يتحول إلى بخار ماء. يمكن خفض الفقد في هذه المياه عند تغطية سطح الأرض بالمواد المانعة لنفاذ المياه مثل القرميد، الخرسانة، الأسفلت، البلاستيك وهكذا.. وذلك في شكل يجعل السطح ناعم وغير نفاذ للماء وقد يتم ذلك أحيانا باستخدام مواد كيماوية أو بدمك التربة. تتوقف كمية حصد المياه على عدم نفاذية التربة وميلها، لذلك يلزم إعداد التربة لتوفير التدفق السريع للمياه إلى نقطة الجمع والتخزين لخفض البخر والتسرب إلى جوف الأرض.

كمية الأمطار التي يمكن حصدها يصل إلى حوالي 30% للتربة الغير مسامية والمستوية إلى 90% للتربة ذات الميل المغطاه بمواد غير مسامية . يمكن استخدام البلاستيك لتغطية سطح التربة بعد إزالة الأحجار وجذوع النبات وما شابه ذلك ثم تغطية سطح البلاستيك بطبقة من الزلط بقطر 1-2 سم . وكذلك يمكن معالجة سطح التربة بالطمي أو برش التربة بالبيتومين أو القار لسد الثغرات والمسام حيث يلزم مداومة الصيانة بهذا الأسلوب، بالإضافة إلى أهمية عمل سور حماية مع حماية منطقة الحصد من وصول المياه الملوثة. .

شكل (1/4) يوضح الإعداد لسطح التربة في شكل مصاطب متدرجة مع عمل قناة تجميع وحوض تجميع وذلك عند عدم توفر ميول على سطح الأرض.



شكل (3 /1) تجميع من الأسطح والتخزين لمياه الأمطار والسحب بطلمبه يدوية

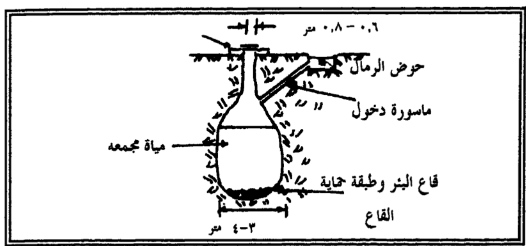


شكل (4 /1) مصيده المياه الأرضية

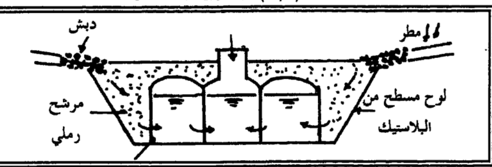
التخزين:

يمكن تخزين المياه فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض، ولمنع وصول الملوثات يتم توفير غطاء محكم؛ وذلك لإحداث الظلام والذي يوقف نمو الطحالب وتكاثر الذباب واليرقات..الخ. وقد يكون التخزين في خزانات أسمنتية أو من الطفلة ...الخ فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض. ولكن عند التخزين تحت سطح الأرض فإنه يتم التخزين باستخدام الطفلة أو الأسمنت بدمك التربة ثم تغطيتها بطبقة من المونة الأسمنتية. التخزين المكشوف لا يناسب استخدام المياه لأغراض الشرب.

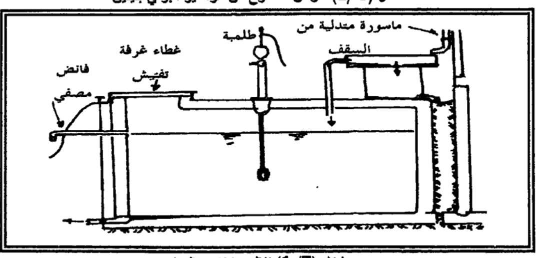
في حالة عمل النموذج شكل (1/5) يمكن أن تصل طاقة التخزين إلي 10 متر مكعب .كذلك يمكن استخدام مواسير البولي إيثيلين حيث يتم ملئها بالمونة الأسمنتية الضعيفة ولحامها من الجانبين حيث توضع قبل الشك بما يجعل الماسورة المصنوعة من البولي أيثيلين المرن والممتلئة بالمونة الأسمنتية تأخذ الشكل المطلوب. أجناب الحوض تكون مبطنة بالبولي إيثيلين. شكل (1/6).



شكل (5/ 1) بئر تخزين مياه الأمطار

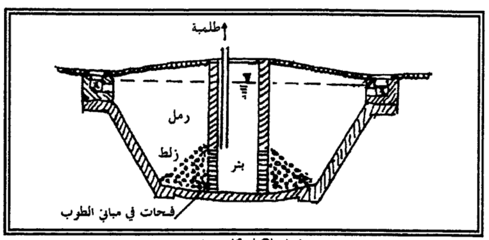


شكل (6 /1) حوض مصنوع من مواسير البولي إثيلين

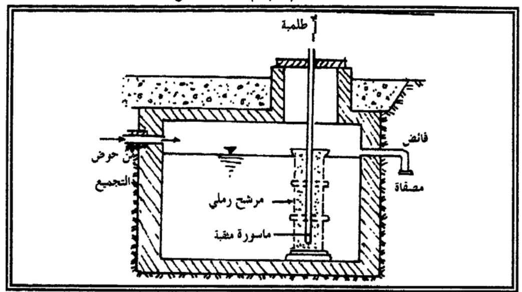


شكل (7/ 1) تنظيم تخزين المياه

يمكن التخزين بإنشاء أحواض التخزين من الكتل الخرسانية سابقة التجهيز أو باستخدام الخرسانة المسلحة بالاستعانة بالفرم اللازمة. توجد نماذج مختلفة للتخزين موضحة في الأشكال (7–8–1/9).



شكل (8 / 1) حوض تجميع



شكل (9 / 1) سحب مياه الأمطار المرشحة من حوض التجميع

كما يمكن حصد مياه الأمطار ببناء السدود في مجارى السيول مثال ذلك سد الروافعه في شمال سيناء، وسد مأرب في اليمن.

ب- حصد مياه العيون:

توجد مياه العيون أساساً في الأراضي الجبلية أو الهيئات المرتفعة كالتلال أو وديان النهر، يمكن تعريف العين بأنه المكان الذي تخرج منه المياه متدفقة خارج التربة فوق سطح الأرض.

مياه العيون عادة يتم تغذيتها من خزانات جوفية ذات تربة حاملة زلطية أو رملية أو من الصخور المفتتة. تتدفق المياه لأعلي عند اصطدام تدفقاتها تحت سطح الأرض بطبقة صماء صخرية أو طينية غير مسامية. هذه التدفقات يمكن أن تكون كعيون غير مرئية عند اتجاهها نحو النهر أو البحيرة أو البحر ... الخ.

معظم العيون تكون معلومة تماماً لدي السكان المحليين حيث النباتات تكون دلالة على وجودها وبتتبعها يمكن الوصول إلى مصدرها.

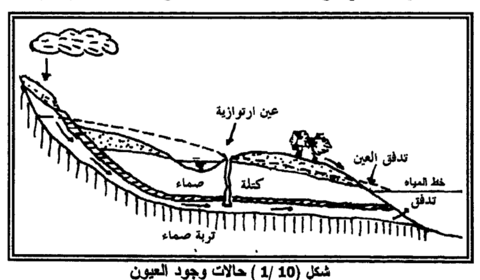
مياه العيون الحقيقية تكون نقية ويمكن استخدامها بدون معالجة شريطة أن تكون العين تم حمايتها بمنشأ من الطوب أو الأحجار أو القار أو الخرسانة بما يمنع وصول الملوثات إلى المياه. كما يلزم التأكد من أن هذه المياه مصدرها هو الخزان الجوفي وليست من مجري مائي والذى تسربت منه المياه إلى مسافة صغيرة.

تدفق المياه من العيون يمكن أن يتم خلال أشكال مختلفة. حيث توجد مسميات مختلفة وهي عيون الترشيح أو التسرب حيث تتسرب المياه من فتحات كثيرة في التربة المسامية. وعيون التشققات حيث تتدفق المياه من الفواصل أو الكسور والتشققات في الصخور الصلبة. العيون المستديرة حيث تكون التدفقات شبه مستديرة. وعموما لتفهم إمكانية حصد المياه من العيون فإنه من المهم معرفة الفرق ما بين العيون التي تتدفق بالجاذبية والعيون الارتوازية، كما ان هناك تقسيم أخر وهو عيون الانخفاض وعيون التدفق العلوي شكل (1/10).

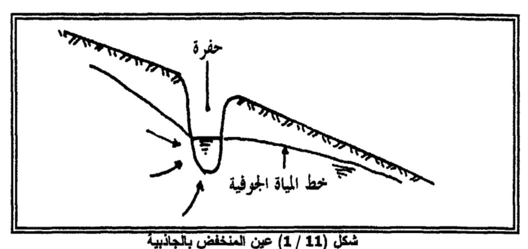
عيون التدفق بالجاذبية :

يلاحظ وجودها في الخزانات الجوفية الغير محصورة، حيث يكون سطح الأرض في منسوب أقل من خط المياه الجوفية، عندئذ يمتلئ هذا المنخفض بالماء شكل(1/11) العيون المنخفضة التي تتدفق بالجاذبية تكون عادة ذات إنتاجية محدودة وصغيرة كما أن النقص في الإنتاج وارد، وذلك في فترات الجفاف، أو أن هناك سحب من الخزان الجوفي يسبب انخفاض في خط المياه.

وعلي الجانب الآخر يمكن أن يكون إنتاج العيون التي تعمل بالجاذبية كثير وقليل التغير وذلك عند وجود طبقة من التربة غير مسامية أو صلبة مثل الطفلة والصخور والتي تمنع التدفق السفلي للمياه مع دفع هذه المياه إلى أعلى سطح الأرض شكل(1/12).



شكل (10 /1) حالات وجود العيون



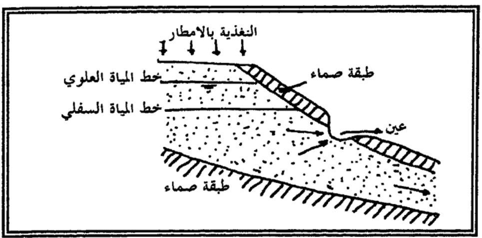
شكل (1 / 11) عين المنخفض بالجاذبية

شكل (1 / 12) عين التدفق العلوي بالجاذبية

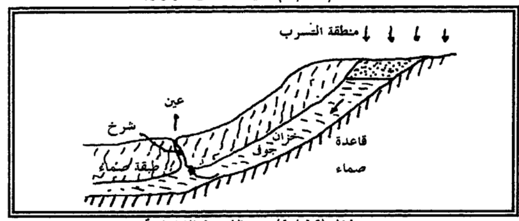
في هذه الحالة فإن كل المياه التي تدخل إلى منطقة التغذية يتم تدفقها خلال العين، أو أن هذا التدفق يكون أكثر انتظاما عن التغذية للخزان الجوفي بواسطة مياه الأمطار .إلا أنه يمكن حدوث تغير في معدل التدفق في أوقات الجفاف وقد يتوقف إنتاج المياه تماماً.

العيون الارتوازية المنخفضة :

تشبه إلى حد كبير في مظهرها عيون الجاذبية المنخفضة. ولكن في هذا الحالة فإن المياه تتدفق إلى الخارج تحت ضغط؛ ولذلك يكون التصرف عالي ولا يبدو عليه تغير في معدل الانخفاض في منسوب المياه الجوفية (شكل 1/13). العيون الارتوازية التي تتدفع من الفواصل أو التشققات شكل (1/14) تمثل نوعية هامة لهذا النوع من العيون فهذه العيون توجد في كثير من البلدان وتستخدم على نطاق واسع في إمداد التجمعات السكانية بالمياه. أحيانا يكون تدفق العيون الارتوازية من مساحة كبيرة شكل (1/15)



شكل (13 / 1) عين المنخفض الارتوازية



شكل (14 / 1) عين الشروخ الارتوازية

حيث تتدفق المياه مندفعة تحت ضغط ويكون التصرف عادة كبير ولا يحدث له تغير في المعدل يذكر. وهذه العيون مناسبة لإمداد التجمعات السكانية بالمياه. العيون الارتوازية لها ميزة فى إن الغطاء الغير مسامي من التربة يحمي هذه المياه أسفله(الخزان الجوفي الارتوازي) من التلوث ولذلك تكون مياه هذه العيون آمنة من ناحية التلوث البكتريولوجي.



شكل (15 / 1) عين التدفق العلوي الارتوازية

اعتبارات أساسية :

يجب أن تحاط العين المستخدمة لإمدادات مياه الشرب بمنشأ معد بماسورة لحمل المياه إلى نقطة خارجية كما يجب توفر أربعة عناصر رئيسية هامة :

توفير الحماية من التلوث لمياه العين في المنشأ.

مياه العيون الارتوازية تكون خالية من الكائنات الحية المسببة للأمراض، ولكن في حالة اختلاف درجة حرارة ماء العين ما بين الليل والنهار عندئذٍ فإن نوعية المياه تكون محل شك.

في حالة الخزانات الجبلية فإن التدفق يختلف قليلاً حسب المسافة على طول خط الكنتور (عيون التسرب). لحصد هذه المياه فإنه يلزم توفير حفرة تجميع للمياه ذات طول مناسب ولكن مكانها ليس بدقة . أمّا في حالة الخزانات ذات الصخور المفتتة فإن التدفق يكون مركز حيث تصل المياه المحملة بنواتج التفت الصخري إلى سطح الأرض. في هذه الحالة يلزم توفر أعمال إنشائية صغيرة ومناسبة مع اختيار موقعها بعناية.

تقييم إنتاجية العين والتغير الموسمي للتدفق يلزم معرفته، حيث كلا من الإنتاجية ومدى الاعتماد على العين يتأثر بالأعمال الإنشائية لحصد مياه العين.

مقارنة بسحب المياه من الخزان الجوفي بواسطة الأبار كما سيتم تناوله فيما بعد فإن حصد مياه العيون له ميزة في أن خط المياه الجوفية قد ينخفض قليلاً جداً أو لا ينخفض.

حصد مياه عيون الانخفاض بالجاذبية :

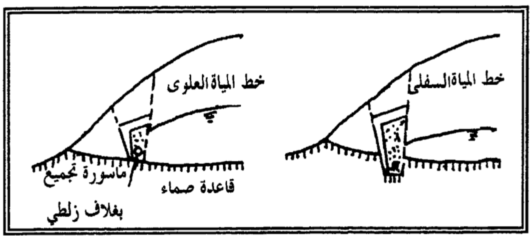
نظراً لصغر الإنتاجية وصعوبة الحصول على الحماية الكاملة من التلوث فإنه لا يوصى باستخدام عيون الانخفاض بالجاذبية؛ لإمداد التجمعات بالمياه شكل (1/16).

تصميم الرشاح يجب أن يكون طبقاً للقواعد الهندسية حيث يلزم أن يكون بالعمق الكافي بما يعمل على أن تكون الطبقة المشبعة فوقه حوض التخزين للتعويض عن التغير في خط المياه الجوفية.المياه التي تتجمع بالرشاح تصرف إلى غرفة تجميع والتي تسمي أحياناً صندوق العين شكل (1/17).

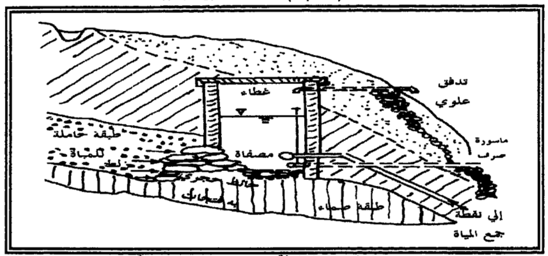
يصمم نظام الترشيح وغرفة التجميع بما يمنع وصول الملوثات للماء الذي تم تجميعه. قبل بناء ظهر الغرفة يتم تجميع الأحجار(بدون بناء) والتي تعمل كحائط لمنع كسح التربة ودفعها بعيدا. تجهز الغرفة بغطاء (كغرفة التفتيش) لأغراض النظافة والصيانة. جميع الفتحات لتصريف الهواء، ومواسير الفايظ، ومواسير الصرف يجب أن تكون فتحاتها مغطاة بمصفاه. كما يلزم توفير خندق لتجميع تساقط المياه على سفح التل من دخول الغرفة.

وللوقاية من التلوث فإن قمة الظهير الزلطي(الحجري) تكون على مسافة لا تقل عن 3 مترا أسفل سطح الأرض، وبما يؤكد وضع أعمال حصد مياه العين على

جانب التل أو برفع منسوب الأرض بالردم من مكان آخر يتم حماية . يتم حماية السرداب وذلك لمساحة ممتدة بكامل الطول +10متر على كلا الجانبين وعلي مسافة لا تقل عن 50 متر فوق تيار تدفق العين وذلك لمنع وصول الملوثات من حفر ردم المخلفات الحيوانية أو خزانات تحليل المخلفات الآدمية. على أن تحاط هذه المنطقة بسياج؛ لمنع عبور الأفراد أو الماشية فوق موقع العين. تجهز حفرة صرف لإزاحة سقوط المياه من على السطح وتلويثها لمياه العين.

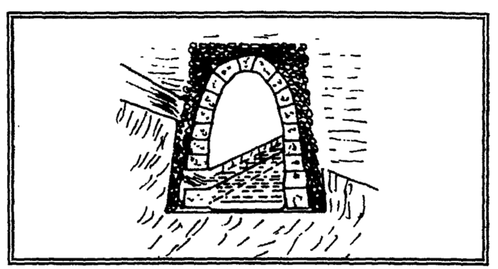


شكل (16 / 1) حصد مياه عين الجاذبية



شكل (17 / 1) غرفة تخزين مياه عين ارتوازية

في حالة الخزانات الجوفية ذات الصخور المفتتة يمكن استخدام مواسير محاطة بالزلط، أو يمكن جمع المياه باستخدام الأنفاق المبطنة شكل (1/18) طبقا لطبيعة مكونات التربة. عند وجود تدفقات عالية من التشققات فإن حصد مياه العين يكون مناسب شكل (1/19). نظراً للسرعة العالية للمياه خلال الشقوق، فإن مساحة الحماية من التلوث يجب أن تمتد إلى مسافة كبيرة، بما لا يقل عن 100 متر ويفضل حتى 300متر فوق التيار بالنسبة للتسرب.

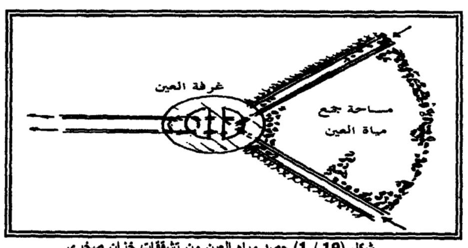

شكل (18 / 1) نفق لحصد مياه عين التدفق العلوي

حصد مياه العيون الارتوازية :

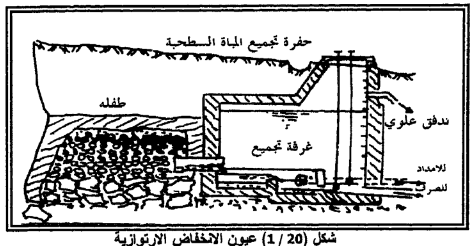
من الشكل الخارجي تبدو عيون الإنخفاض الأرتوازية مثل عيون الانخفاض بالجاذبية ولكن تصرفها أكبر وأقل في معدل التغير، بسبب اندفاع المياه تحت ضغط. لحصد المياه من عين الانخفاض البيزومترية، فإن منطقة التسرب يجب إحاطتها بجدار ممتد قليلا أعلى من منسوب ارتفاع المياه في الظروف الاستاتيكية. للحماية من التلوث يتم تغطية غرفة التجميع شكل (1/20).

عيون الانخفاض الارتوازية ذات امتداد جانبي كبير تتطلب وجود نظام تجميع للمياه في غرفة تجميع حيث تدفع إلى موقع الاستخدام؛ لزيادة معدل التسرب والمحافظة على نوعية المياه يلزم نظافة موقع الصرف من كل المخلفات النباتية . كما يتم تغطية منطقة الشحن ذات السطح العلوي الحبيبي بطبقة من الركام المدرج؛ لحجز المواد الصلبة العالقة.

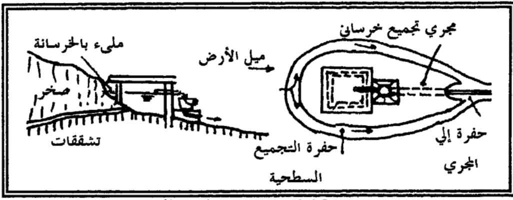
عيون التشققات يمكن تقييمها كعين انخفاض ارتوازية ولكن المياه تندفع من فتحة واحدة بما يجعل أعمال الحصد صغيرة (شكل 1/21).



شكل (19 / 1) حصد مياه العين من تشققات خزان صخري



شكل (20 / 1) عيون الانخفاض الارتوازية

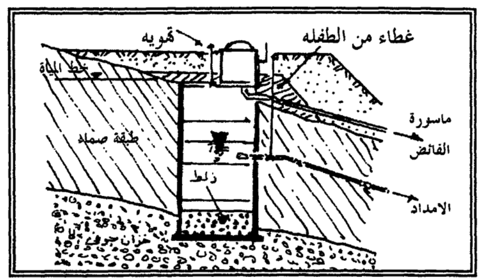


شكل (21 / 1)عين التشققات ذات طاقة صغيرة

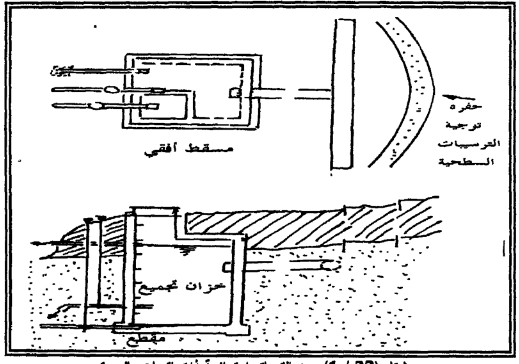
يمكن زيادة الطاقة بازالة العقبات من فوهة العين أو بزيادة حجم فتحة الخروج شكل (1/22). يلزم توفر الحماية من التلوث.

عيون الالتصاق الارتوازية مساحة التصرف تكون كبيرة وعلي مسافة بعيدة من العين. المياه تندفع إلى الخارج تحت الضغط وبذا تصبح مؤمنة ضد التلوث بواسطة الطبقة العليا الغير مسامية. التصرف يمكن أن يكون كبير وثابت مع تغيير قليل في المعدل. مثل هذه العيون جيدة لتوفير الإمدادات بالمياه.

عند تدفقات المياه من نقطة واحدة يمكن حصد مياه العين بإقامة إنشاءات حصد صغيرة. أما في حالة العين ذات التدفقات المنتشرة فإنه يتم إقامة حائط ساند على طول العرض مع الامتداد إلى الطبقة الصماء بالنسبة للأساس. بهذه الطريقة فإن تسرب المياه ومخاطر الاحتكاك والاصطدام يمكن تفاديها. قبل الحائط يتم عمل خندق تجميع فوق التيار مغطي بطبقة من الطمي للحماية من التلوث حيث تتدفق المياه إلى حوض تجميع أخر(شكل 1/23).

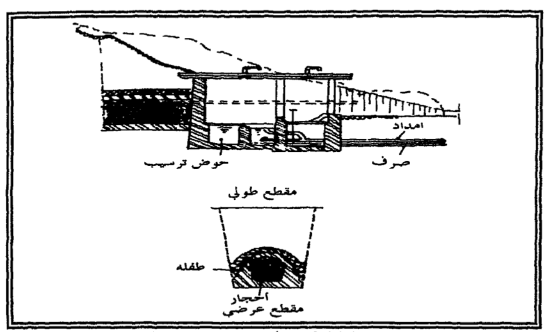


شكل (22 / 1) عين تشققات ذات طاقة كبيرة



شكل (23 / 1) عين التصاق ارتوازية ذات إتساع جانبي كبير

نموذج أخر لمنشأ لحصد مياه العين شكل (1/24)



شكل (24 / 1) منشأ لحصد مياه العين (نموذج)

4-المياه الجوفية والآبار

مقدمة

تعتبر المياه الجوفية هي أفضل المصادر لمياه الشرب بالنسبة للتجمعات السكانية، وذلك مقارنة بالمياه السطحية المعرضة دائماً للتلوث بالإضافة إلى التغير الموسمي في كمياتها. يمكن سحب المياه الجوفية لمدة زمنية طويلة وذلك عند جفاف الأنهار أو المجاري السطحية العذبة عموماً. ورغم ذلك فإن استغلال المياه الجوفية مازال أقل من إمكانياتها ليس في مصر فقط ولكن في كثير من دول العالم.

أحياناً تكون البيانات عن مصادر المياه غير متاحة، بما يتطلب عمل الدراسات الحقلية التي توفر البيانات عن إمكانيات السحب من المخزون الجوفي وطاقته ونوعية المياه الطبيعية والكيميائية.

أ- وجود المياه الجوفية :

توجد المياه الجوفية في الثقوب والمسام والفواصل لتكوينات التربة. مسام التربة هي: الفراغات بين الحبيبات في طبقات التربة الرسوبية وفي الصخور المفتتة. كمية الفراغات لهذه المسام في التربة تتوقف على عوامل كثيرة منها شكل وحجم والتصاق الحبيبات ووجود مواد رابطة (مثل الأسمنتية). المسامية هي النسبة بين فراغ المسامية إلى كل حجم مادة التربة (شكل 1/25). المسامية العالية لا تعني دائما نفاذية جيدة (طاقة التربة في حمل المياه).

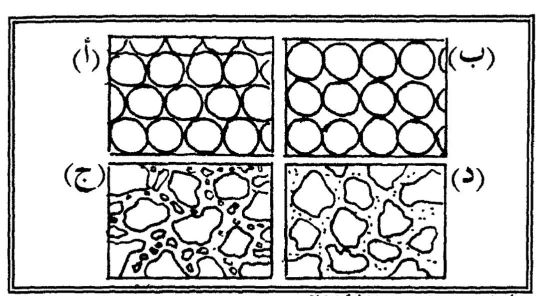
رغم أن الطفلة والطمي لهما مسامية عالية، إلا أن حجم الفراغات صغير جداً بما يجعل من الصعب سهولة تدفق المياه. كل الفراغات في التربة الصخرية مثل الفواصل،الشقوق،عدم تطابق الأسطح .. الخ تسمي تشققات. الصخور النارية ليست مسامية إلا في حالة تفتتها بعوامل التعرية، الحمم البركانية المحتوية على فراغات تكونت لوجود الغازات والتي تنطلق منها عند الفوارن هو استثناء حتى في حالة التربة ذات المسام العالية فإن النفاذية قد تكون منخفضة وذلك؛ لأن الفراغات ليست دائما متصلة. قد تحدث التشققات في الصخور الرسوبية . التشققات الحديثة والتي لم تتأثر بعامل التعرية في كل أنواع التربة تميل أن تكون مقفلة وقد تحتوي على قليل من المياه أو لا تحتوي. في حالة حدوث عوامل التعرية فإن التشققات تتفتح قريبا من سطح الأرض ولكن تظل مقفلة عند العمق.

الخزانات الجوفية هي التربة الحاملة للمياه تحت سطح الأرض. وعند احتواء تربة الخزان الجوفي في الفواصل الكبيرة والتشققات فإنها تسمي تربة ذات نفاذية؛ ولكن التربة حيث المياه في الثقوب تسمي التربة التي تنفذ اليها المياه – الجدول (6) يوضح أنواع التربة وطريقة وجود المياه فيها .

جدول (6) حالة وجود المياه في أنواع التربة

نوع التربة	توجد المياه عادة في
الرمل والزلط	في الفراغات
الحجر الرملي	الفراغات والشقوق
الحجر الجيري	التشققات التي قد تصل إلى كهوف
الطباشير	الفراغات والشقوق
نارية صلبة	الشقوق والفراغات في مناطق التعرية
حمم	الشقوق والفراغات في مناطق الحمم
تحويلية	الشقوق والفراغات في مناطق التعرية

مدي سهولة تدفق المياه خلال التربة تحت ظروف الضغط الناتج عن وجود فرق في المنسوب يسمي النفاذية الهديروليكية. يعبر من النفاذية الهيدروليكية بسرعة تدفق المياه خلال التربة لكل وحدة تدرج في الضغط الهيدروليكي. مثال مليمتر / ثانية / متر/ يوم. وهي تتوقف على المسامية، ومتوسط حجم الفراغات وتوزيع التشققات شكل (1/26) .



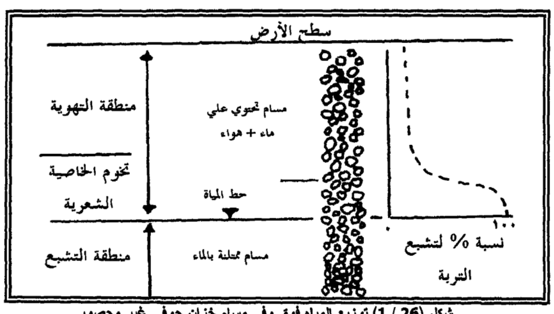
أ- إلتصاق جيد للحبيبات النفاذية 26%

ب- إلتصاق مفتوح للحبيبات النفاذية 47%

ج- رمل التدرج ضعيف النفاذية تنخفض لوجود حبيبات صغيرة جداً

د- رمل جيد التدرج (الحبيبات بنفس الحجم مثالياً) النفاذية تنخفض لوجود رواسب لصق بين الحبيبات

شكل (25/ 1) النفاذية والشكل



شكل (26 / 1) توزيع المياه فوق وفي مسام خزان جوفي غير محصور

طبقات التربة ذات النفاذية الهيدروليكية الصغيرة(أقل من 10-6 مليمتر / ثانية) تكون تربة صماء (أو غير نفاذة) والتربة ذات نفاذية هيدروليكية أعلى تكون تربة ذات نفاذية.

الجدول (7) للمسامية والنفاذية الهيدروليكية لبعض مواد التربة

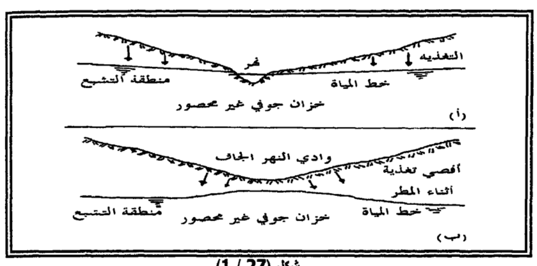
المادة	المسامية	معامل النفاذية الهيدروليكية مليمتر / ثانية
طمي	55-45	10^{-3} 10^{-9}
طفلة	50-40	10^{-2} 10^{-6}
رمل	40-35	10^{-2} - 10^{-1}
زلط نظيف	45-40	10^{3} -10^{1}
زلطية رملية	40-25	10^{1} -10^{-2}
حجرة رملي	20-10 ثقوب تشققات	10^{-4} - 10^{-6} 10^{-1}
حجر جيري	10-1 ثقوب تشققات	10^{-6} - 10^{-8} 10^{2}
جرانيت	1 ثقوب تشققات	10^{-10} 10^{3}

الخزان الجوفي الغير محصور هو الذي يستقبل المياه مباشرة من سطح الأرض وهو موضح في الشكل (1/27)

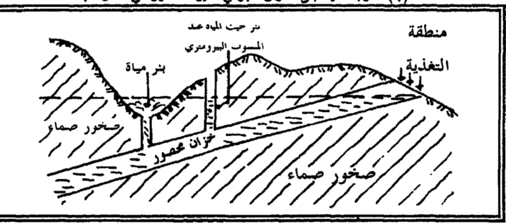
الخزان الجوفي المحصور شكل (1/28) هو حيث التربة الحاملة للمياه تعلوها طبقة من التربة غير نفاذة. ضغط المياه في الخزان الجوفي المحصور مرتبط بمنسوب منطقة التغذية للخزان الجوفي .

ضغط المياه في الخزان الجوفي المحصور يمكن قياسه بالحفر فيه وملاحظة منسوب المياه في ثقب الحفر، ومنسوب المياه هذا يسمي المنسوب البيزومتري وفي حالة كون المنسوب البيزومتري فوق سطح الارض فإن المياه من الخزان الجوفي سوف تتدفق من ثقب الحفر والذي يسمي التدفق الحر " البئر الارتوازي".

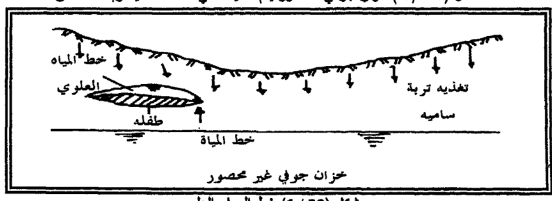
تسرب المياه من سطح الأرض خلال التربة المسامية إلى الخزان الجوفي (خط المياه للخزان الجوفي يعاق عند وجود عدسة من مادة غير مسامية مثل الطمي (شكل 1/29) عندئذٍ تتراكم المياه في التربة فوق هذه العدسة. مكونا خط مياه علوي بعيداً عن خط المياه الحقيقي للخزان الجوفي. من المهم معرفة خط المياه العلوي حيث كمية المياه التي يحتويها تكون صغيرة. عادة يختفي خط المياه العلوي في فترات الجفاف عند عدم توفر التغذية بالتسرب من سطح الأرض.



شكل (27 / 1)
(أ) تسرب المياه إلى الخزان الجوفي الغير محصور في فصل الأمطار
(ب) تسرب المياه إلى الخزان الجوفي الغير محصور في فصل الجفاف



شكل (28 / 1) خزان جوفي محصور يتم تغذيته في منطقة تغذية وإعادة شحن



شكل (29 / 1) خط المياه العلوي

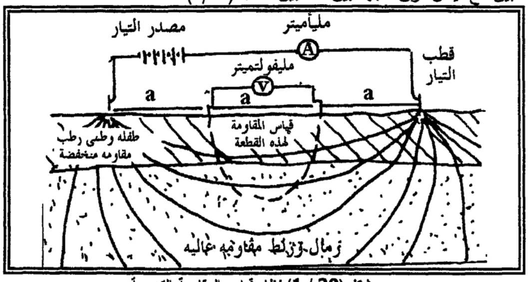
ب- الاستطلاع والدراسة الحقلية للمياه الجوفية :

الدراسة الحقلية الناجحة لاستطلاع المياه الجوفية تتطلب معلومات عن كيفية وجود المياه في التربة الحاملة، حيث بدون ذلك فإن عملية الاستطلاع لا تحقق هدفها.

عندئذٍ يكون حفر البئر غير مجدي. الهدف من الاستطلاع يجب أن يكون واضحاً فالهدف من الاستطلاع هو إما لتوفير المياه للمجتمع الصغير أو لتعيين خصائص الخزان الجوفي لتنمية مصادر المياه الجوفية لكل المنطقة.

يتم جمع المعلومات الهيدروليجية المتاحة عن المنطقة وهي تشمل خرائط جيوليوجية وتقارير، خرائط جغرافية، آبار المواسير، بيانات جيولوجية عن السطح، بيانات أخرى. ولذلك يلزم الاستطلاع الحقلي لموقع الدراسة وخاصة في نهاية موسم الجفاف. وهذا الاستطلاع يوفر البيانات الكافية لعمل خريطة هيدروليجية موضحة توزيع الخزانات الجوفية، وجود العيون، عمق خط المياه الإستاتيكي المنسوب البيزومتري، تصرف مصبادر المياه الموجودة، ونوعية المياه. أحيانا يمكن إعداد هذه الخريطة على أساس إمدادات المياه، النباتات الموجودة. وفي حالات أخرى يمكن أن يتم استخدام آبار الحفر (البئر الاختباري) وخاصة في حالة الحاجة إلى المعرفة التامة عن الخزان الجوفي حيث يلزم معرفة النفاذية الهيدروليكية، وطاقة التخزين للخزان الجوفي.

لنفهم توزيع ونوعية المياه الجوفية فإنه يتم استخدام المباحث الجيوفيزيقية. قيمة المقاومة الكهربية للتكوينات الأرضية تتوقف على كمية وتوزيع والتوصيل للمياه الموجودة فيها. تتم عملية القياس الكهربي بتمرير تيار كهربي خلال الأرض بين قطبين مع قياس فرق الجهد بين القطبين شكل (1/30).



شكل (30 / 1) نظام قياس المقاومة الكهربية

عمق الإختراق للتيار الكهربي يتوقف على الفاصل بين الأقطاب، حيث يزداد عمق الاختراق مع زيادة الفاصل. يمكن استنتاج العلاقة بين الحالة الهيدروليجية وقيم المقاومة عند عمل هذا الاختبار قريباً من بئر موجود أوْ بئر اختبار حيث يكون معروف جيدا منسوب المياه ونوعيتها وسمك الخزان الجوفي.

وهذا يمكن من استنتاج عمق المقاومة لمناطق أخرى ذات نفس النوعية الجيولوجية، كما يوفر معلومات عن خط المياه، نوعيتها، وسمك الخزان الجوفي. في حالة عمل قياسات المقاومة في شكل متعامد (خطوط طولية وخطوط عرضية متعامدة عليها) لمساحة ما، مع وضع القراءات على خريطة تسامتيه لمعرفة الشكل العام للمقاومة العالية والمنخفضة فى فاصل بين القطبين فإن خطوط المقاومة المتساوية يمكن رسمها على الخريطة لمعرفة المناطق ذات المقاومة المنخفضة والتي تكون ذات نفاذية وذات تربة حاملة للمياه أكثر من المساحات ذات المقاومة المرتفعة.

في بعض الحالات يتم عمل آبار اختبار لتأكيد البيانات التي تم الحصول عليها من الطرق الجيوفيزيقية هذه الطريقة مكلفة واستخدامها يشكل صعوبة. والحصول على أقصى معلومات من بئر الاختبار يتم بقياس المقاومة من داخل بئر الاختبار لقياس التربة ونوعية المياه.

السحب الآمن :

السحب الأمن من الخزان الجوفي هو أقصى سحب مستمر يمكن الحصول عليه من مصدر المياه الجوفية. وهذا يعني عدم زيادة السحب عن التغذية للخزان الجوفي هذا بالإضافة إلى انخفاض خط المياه الاستاتيكي كثيرا بما يساعد على سحب المياه الملوثة إلى الخزان الجوفي .

أحياناً يكون السحب من بئر جديد؛ مسببا لانخفاض إنتاجية البئر المجاور، وذلك يتطلب الحذر في أولي مراحل التشغيل للبئر الجديد خاصة عند عدم المعرفة التامة لحدود وطاقة الخزان الجوفي.

جـ- المياه الجوفية في مصر [المناخ الهيدروليجي لمصر]:

تبلغ مساحة مصر حوالي مليون كيلو متر مربع وتنقسم إلى أربع مناطق رئيسية وهي: منطقة الدلتا والوادي شاملة بحيرة ناصر ومنخفض الفيوم، منطقة الصحراء الغربية شاملة الساحل الشمالي والوادي الجديد، منطقة الصحراء الشرقية شاملة سواحل البحر الأحمر والجزر والجبال، منطقة شبه جزيرة سيناء شاملة منطقة سواحل البحر الأبيض وخليج السويس وخليج العقبة.

المناخ في مصر يتغير ما بين الجاف وشديد الجفاف، ترتفع درجات الحرارة أحياناً إلى أكثر من 40 نهارا في فصل الصيف ونادراً ما تنخفض إلى الصفر في فصل الشتاء. متوسط سقوط الأمطار على مصر كلها هو فقط 10مليمتر في العام، بينما يصل معدل سقوط الأمطار على امتداد سواحل البحر الأبيض إلى حوالي 200 مليمتر في العام حيث معظم سقوط الأمطار في مصر. يقل معدل سقوط الأمطار سريعاً كلما اتجهنا جنوب البحر الأبيض.

معدل البخر في مصر عالي فقد يصل إلى 3000 مليمتر في العام أو يزيد. هيدروغرافية مصر تشمل نظامين أحدهما له علاقة بالنيل ويشمل مناطق الوادي والدلتا التي هي منخفضات رسوبية . في السطح الفيضي للنيل توجد مصارف كثيرة (صناعية) في مناطق الزراعات التقليدية القديمة، وبعضها يمتد إلى الأجناب حيث استصلاح الأراضي للزراعة. نظم الصرف في هذه تصب مياها إما في النيل أو في البحر.

النظام الهيدروغرافي الأخر له علاقة بالعصور الجيولوجية القديمة حيث العصور المطيرة وهو عبارة عن الشبكة المعقدة للمجاري الجافة وهو ما يسمي بالوديان والتي تكونت في العصور القديمة الرطبة. هذا النظام يغطي حوالي 90% من مساحة مصر بما فيها الصحراء الغربية والصحراء الشرقية وسيناء. معظم مساحات تجمع الأمطار تصرف في اتجاه وادي النيل والدلتا وفي اتجاه المناطق الساحلية وفي اتجاه المنخفضات الأرضية.

ينقسم اللاند سكيب أو المنظور الطبوغرافي في مصر إلى مرتفعات جبلية ومسطحات منخفضة بما فيها المناطق الساحلية. المرتفعات تشكل المساحات النشطة وشبه النشطة لهبوط الأمطار والسيول. أما المساحات المنخفضة فهي تحتوي على الخزانات الجوفية الحاملة للمياه. وتوجد في بعض الأماكن وخاصة في سيول المرتفعات وأحيانا في الأرض المنبسطة مساحات من تسرب المياه الجوفية في شكل عيون.

سطح النيل الفيضي يحتوي على الأنشطة الزراعية وعلي أجنابه نشطت عمليات استصلاح الأراضي أما باستخدام مياه النهر أو المياه الجوفية.

يشمل الإطار الهيدرولجي العام لمصر ستة خزانات جوفية وهي :

1- خزان جوفي الوادي والدلتا (ألنيل) ويشمل المسطح الفيضى للنيل والمساحات الصحراوية المتاخمة حيث يعيش 90% من سكان مصر.

2- خزان جوفي الحجر الرملي النوبي : ويشمل معظم الصحراء الغربية.

3- خزان جوفي المغرة : ويقع أساسا في التخوم الغربية لدلتا النيل.

4- الخزانات الجوفية الساحلية : وتوجد في السواحل الشمالية والشرقية.

5- خزان الأحجار القاعية الصلبة المفتتة : ويقع في الصحراء الشرقية وسيناء.

6- خزان الأحجار الجيرية: ويقع غالبا في الجزء الشمالي للصحراء الغربية .

1- خزان جوفي النيل [الدلتا والوادى] :

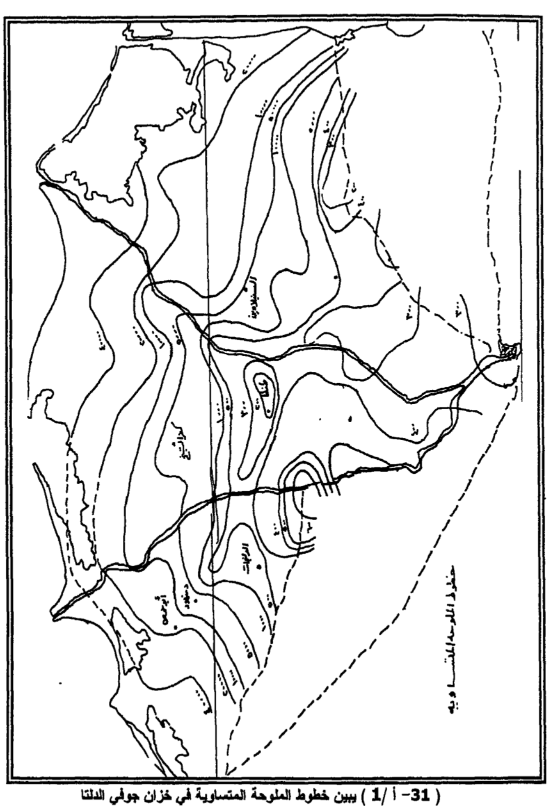
تتكون التربة الحاملة لهذا الخزان من الزلط والرمل المتدرج تعلوها طبقة طينية يصل سمكها أحيانا إلى عشرة أمتار. تمتد أطراف الخزان حيث التربة الحاملة تكون رسوبية وفي وسط المسطح الفيضي (الدلتا والوادي) يعتبر الخزان الجوفي شبه محصورا نظرا لأن سمك الطبقة الطفلية الطينية حوالي 100 متر حيث يتحرر ويصبح خزان جوفي غير محصور في التخوم والصحراء المتاخمة. أقصى سمك لطبقة التربة المشبعة الحاملة للمياه

الجوفية هو حوالي 800 متر في الدلتا والذي يقل كلما اتجهنا شمالاً حتى البحر وجنوباً حتى جنوب القاهرة، وفي الوادي أقصى سمك لطبقة التشبع هو 300 متر .

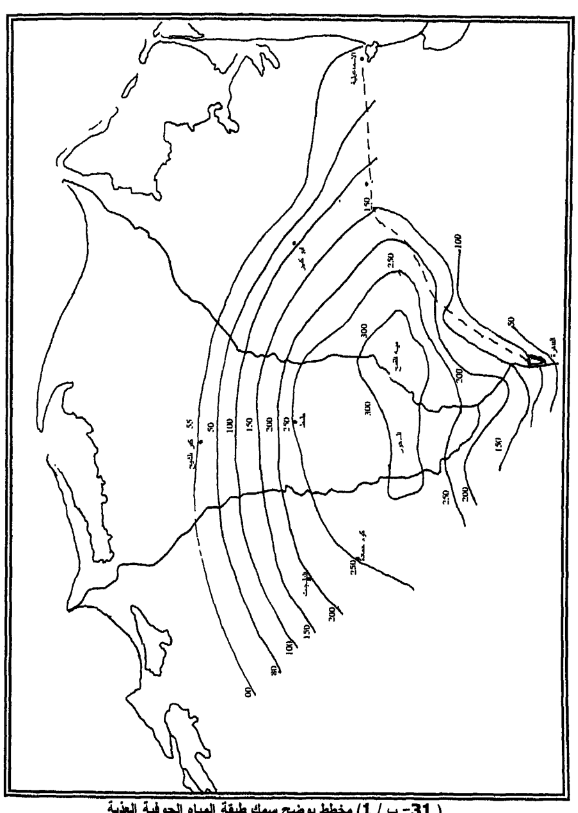
سرعة انتقال المياه في الخزان الجوفي تكون كبيرة في وسط المسطح الفيضي وتقل عند الحواف . يتراوح منسوب الضغط الرأسي للمياه الجوفية من 65 متر فوق منسوب سطح البحر عند أسوان إلى 15مترا عند القاهرة وأقل من 1متر في شمال الدلتا . الاتجاه العام لتدفق المياه الجوفية هو من الجنوب إلى المشال ولكن يوجد حيود في المناطق المجاورة لمجري النهر حيث يكون التدفق في منطقة الدلتا والتخوم من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي .

المصدر الرئيسي لتغذية هذا الخزان هو من مياه الري. التغذية للخزان الجوفي تتغير طبقا لنوع التربة ومصدر مياه الري وطرق ووسائل الري . في المناطق الرملية حيث الري من مجري النيل مع عدم وجود نظام للصرف الزراعي يتراوح معدل التغذية بالتسرب ما بين 1-2.5 مليمتر في اليوم. أما في المناطق الطفلية الرملية وحيث يوجد نظام للصرف فقد يصل المعدل للتغذية بالتسرب إلى أقل من 0.5 مليمتر في اليوم. التصرف من الخزان الجوفي يحدث بتسرب المياه إلى النهر وفروعه حيث يصل المعدل إلى أكثر من 3 مليار متر مكعب في العام، أو بالسحب من الآبار أو بالتسرب العلوي للمياه الجوفية في شمال الدلتا (إلى البحر أو البحيرات الشمالية).

الأملاح الكلية المذابة تتدرج في الزيادة في منطقة الدلتا كلما اتجهنا شمالاً شكل (31 أ) والذي يبين خطوط الملوحة المتساوية في الدلتا، شكل (31 ب) يبين عمق المياه في خزان جوفي الدلتا.



(31- أ /1) يبين خطوط الملوحة المتساوية في خزان جوفي الدلتا



(31- ب / 1) مخطط يوضح سمك طبقة المياه الجوفية العذبة
في خزان جوفي الدلتا

2- خزان جوفى الحجر الرملي النوبي :

يقع خزان جوفي الحجر الرملي النوبي معظمه في الصحراء الغربية ويمتد حتى ليبيا (واحة الكفرا) غربا وجنوبا حتى الجزء الشمالي من السودان (واحة ساليما). يشغل هذا الخزان أكثر من 30% من مساحة مصر حيث يمتد أسفل خزان جوفي الدلتا والوادي إلى الصحراء الشرقية وسيناء، سمك الطبقة الحاملة من 500 متر في الجنوب إلى أكثر من 3500متر في الشمال. وفي الوادي الجديد ينقسم إلى ثلاث خزانات جوفية منفصلة تفصلها عدسات طينية مسامية. سمك الطبقة العليا 200 متر والوسطي 400 متر والسفلي 650 متر .

الطاقة التخزينية لخزان جوفي الحجر الرملي النوبي تقدر بحوالي 200600 مليار متر مكعب منها 2000 مليار متر مكعب فى الصحراء الغربية، 500 مليار فى الصحراء الشرقية، 100 مليار في سيناء. وفي بعض الدراسات ثبت أن هذه المياه هي مياه ذات أعمار تتراوح ما بين 2000 إلي 4000 عام وإن هذا الخزان لا يتم تغذيته من مصادر سطحية وفي دراسات أخرى لم تتأكد هذه المقولة حيث يحتمل أن تكون تغذية الخزان الجوفي من مياه النهر.السحب من خزان جوفي الحجر الرملي النوبي يقدر بحوالي نصف مليون متر مكعب / العام ومن المتوقع زيادة السحب مع بدء النشاط الزراعي والعمراني في منطقة جبل العوينات في الجنوب الغربي لمصر، هذا بالإضافة إلى السحب من العيون والفقد بالتسرب إلى خزانات جوفية أخرى.

3- خزان جوفي المغرة :

يشغل خزان جوفي المغرة معظم المساحة غرب دلتا النيل وجنوب منخفض القطارة. المساحة الكلية حوالي 2000 كيلو متر مربع وهو يمتد كذلك إلى غرب الفيوم وشمال الواحات البحرية. قاعدة الخزان الجوفي من البازلت أو الطفلة المانعة للنفاذية. التربة الحاملة للمياه الجوفية يكثر بها الرمال والزلط مع وجود طبقات من الطفلة والحجر الجيري. المياه الجوفية عادة شبه محصورة. سمك الطبقة المشبعة يتراوح ما بين 100 إلى 800 متر. المياه الجوفية في المغرة معظمها مياه من العصور القديمة مع قليل من التغذية نتيجة التسرب على الأجناب من خزان جوفي الدلتا. إجمالي طاقة التخزين من المياه حوالي 800مليون متر مكعب منها حوالي 100مليون (متر مكعب مياه عذبة).

4- الخزان الجوفى الساحلى :

يوجد الخزان الجوفي الساحلي في صورة جيوب محلية منتشرة في المناطق الساحلية للبحرين الأبيض والأحمر. التربة الحاملة للمياه من الحجر الجيري المغطي بطبقة من الحجر الرملي وقاعدة الخزان الجوفي من الحجر الجيري. إجمالي سمك الطبقة الحاملة حوالي 40 متر. المياه عادة شبه حرة أو غير محصورة في شكل عدسات فوق التربة الحاملة لمياه البحر. التغذية للخزان الجوفي هو من مياه الأمطار. السحب يحدث

بالتسرب إلى البحر، باستخدام الأبار الرومانية والآبار ذات المواسير والتي تضخ حوالي 0.8 مليون متر مكعب في العام. في منطقة السواحل الشمالية السينائية توجد أربعة خزانات جوفية وهي الخزان الضحل للغرود الرملية وطاقته التخزينية 2 مليون متر مكعب، وخزان الترسيبات الطينية في وادي العريش (دلتا العريش) سعته 10 مليون متر مكعب وخزان الحجر الرملي سعته 10 مليون متر مكعب خزان الرمال الزلطية الطينية ومعظم مياهه مالحة. كما توجد خزانات جوفية من الحجر الرملي والحجر الرملي النوبي ومياههما عادة مالحة. وفي ساحل غرب خليج السويس والمنطقة الساحلية للبحر الأحمر تكون التغذية عادة من الأمطار وتقدر بحوالي 100 مليون متر مكعب في العام. السحب يتم بالآبار والأبار الرومانية التي تكون في شكل خنادق والتسرب إلى البحر.

5- خزان جوفي الأحجار الجيرية (الكربونية) :

يشغل أكثر من 50% من المساحة السطحية للصحراء الشرقية وفي مناطق محدودة من سيناء والصحراء الغربية، تكثر به العيون لوجود الفوالق.

6- خزان جوفي الأحجار الصلبة القاعية المهشمة :

يقع في جنوب سيناء ومنطقة البحر الأحمر وفي منقطة السد العالي وجنوب الصحراء الغربية. المعروف عن هيدروليجية هذا الخزان قليل. احتمال السحب السنوي 10 مليون متر مكعب في جنوب سيناء وفي الصحراء الشرقية.

د- طرق سحب المياه الجوفية :

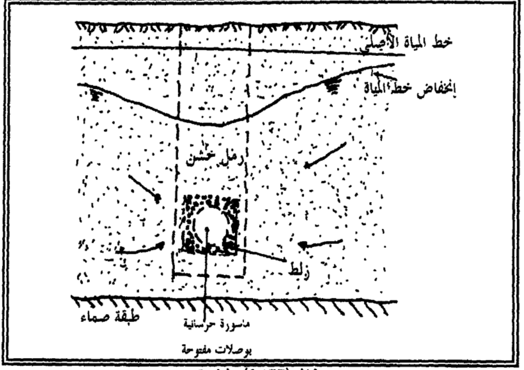
أقدم طريقة لسحب المياه الجوفية هي الحفر اليدوي للآبار حتى أسفل خط المياه الاستاتيكي،عادة كمية المياه التي يمكن جمعها بهذه الطريقة محدودة إلى حد ما، حيث يمكن زيادة كمية المياه بزيادة مساحة أو عمق الحفر أو كليهما وذلك حسب سمك الطبقة الحاملة للمياه وعمق خط المياه الجوفية.

الطرق الممتدة أفقيا لسحب المياه الجوفية تسمي الرشاحات ويمكن أن تنقسم إلى حفر ترشيح وقنوات ترشيح من مواسير وأنفاق. حفر الترشيح هي عبارة عن حفر مستطيلة يتم حفرها عموديا على اتجاه تدفق المياه لأعماق قليلة حتى الوصول إلى أسفل منسوب خط المياه الجوفية وهي المسماة بالحفر أو الآبار الرومانية التي يتم بها حصد المياه العذبة التي تعلو المياه المالحة وقد استخدمت في المناطق الساحلية وخاصة الساحل الشمالي في العصر الروماني وما زالت تستخدم حتى الآن. أما قنوات الترشيح من المواسير الخرسانية ذات الوصلات المفتوحة شكل(1/32)، أنفاق الترشيح شكل (1/33).

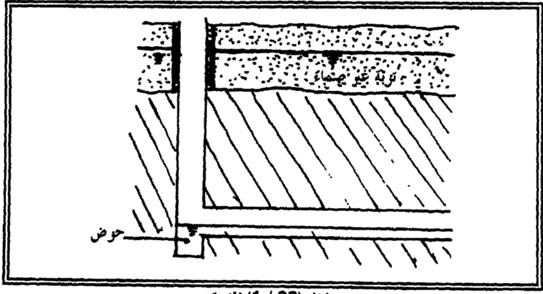
نظرا لصعوبة الحفر وتكاليفه فإن الرشاحات تستخدم فقط في حالة وجود المياه الجوفية على عمق صغير ولا يزيد عن 5-8 متر من سطح الأرض (ولكن الأنفاق تكون اقتصادية على أعماق أكبر من ذلك في حالة وجود تربة متماسكة).

ويوصي باستخدام الرشاحات في المناطق الساحلية حيث تطفو المياه العذبة فوق المياه المالحة. في هذه الحالة فإنه في حالة استخدام الرشاحات يجب المحافظة على عدم

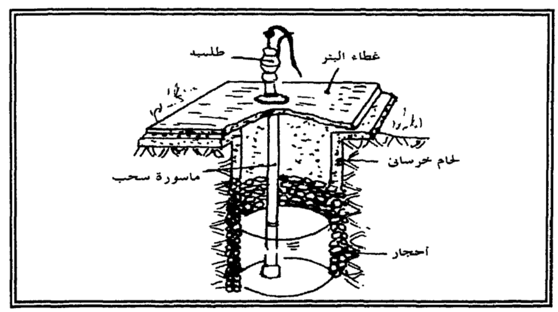
انخفاض خط المياه الجوفية (منسوب المياه الجوفية تحت سطح الأرض) كثيراً وذلك حتى لا يتم سحب مياه مالحة. في حالة استخدام حفر الترشيح أو قنوات الترشيح فإن المياه تكون معرضة للتلوث. أما في حالة المواسير الخرسانية الغير متصلة والأنفاق فإنها وإن كانت أكثر تكلفة إلا أنها توفر مياه غير معرضة للتلوث من سطح الأرض.



شكل (32 / 1) رشاح تجميع



شكل (33 / 1) نفق تجميع



شكل (34 / 1) بئر الحفر

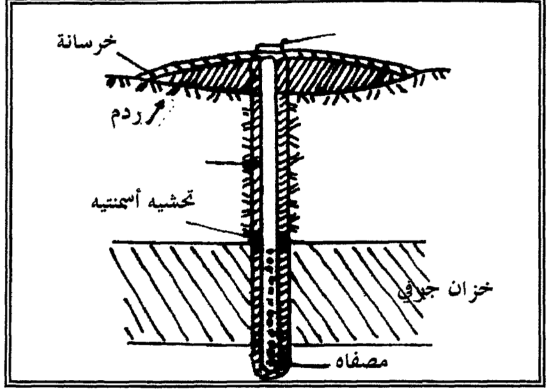
الطرق الرأسية لسحب المياه الجوية تنقسم إلى آبار الحفر اليدوي ذات القطر الكبيرة شكل (1/34) وأبار المواسير ذات القطر الأصغر شكل(1/35).

تستخدم مواسير الآبار عندما يكون سطح المياه الجوفية بعيداً وكذلك في حالة وجود سمك كافي للخزان الجوفي. آبار الحفر يكون استخدامها محدوداً لإمدادات محدودة إلا أنه يعتبر خزان مياه يفيد في تجنب التغير في الحاجة عند أوقات الذروة. طاقة آبار المواسير تختلف على مجال واسع حيث تصل من أقل من لتر في الثانية أو أقل في حالة استخدام الأقطار الصغيرة في الخزانات الجوفية ذات التربة الرملية الناعمة، إلى ما يزيد عن 100لتر في الثانية في حالة استخدام الأقطار الكبيرة والعميقة في التربة الرملية الخشنة أو الصخور الرسوبية. تعتبر آبار المواسير مناسبة لسحب المياه لامدادات الشرب في حالة عمل الاحتياطات البسيطة لحماية المياه من التلوث. في بعض الحالات يمكن استخدام بطارية من آبار المواسير وهي على التوالي حيث يتم السحب بالضخ كوحدة واحدة شكل (1/36) .

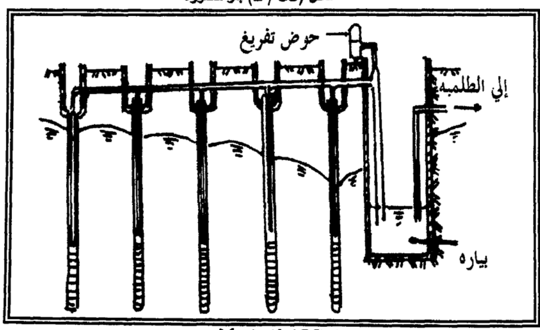
هذه تستخدم في حالات وجود طبقة سميكة من التربة الحاملة علي عمق صغير، حيث يكون استخدام المياه الجوفية باستخدام الرشاحات الأفقية والرأسية أو مجموعة من هذه النظم، حيث الجدوي الفنية تتوقف إلى حد كبير على الظروف الجيولوجية المحلية.

الموقف الصعب هو في حالة الرغبة في سحب المياه الجوفية من طبقة حاملة للمياه ذات سمك صغير وعلي عمق كبير في هذه الحالة لا تستخدم آبار المواسير بسبب صغر سمك الطبقة الحاملة وكذلك لا يمكن استخدام الرشاحات بالحفر العمودية على مسار المياه الجوفية أو رشاحات المواسير الأسمنتية المفككة نظرا لما تتطلبه عملية الإنشاء من جهد كبير في كمية الحفر .

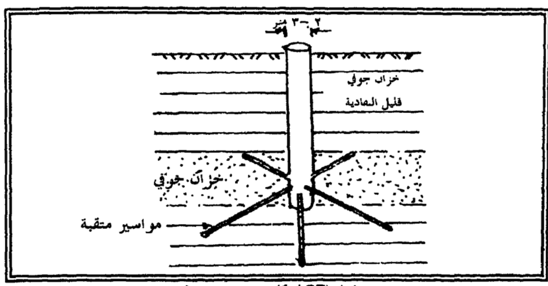
في بعض الحالات وفي حالة التربة المتماسكة تكون الأنفاق مناسبة. وفي حالة التربة الغير متماسكة تكون آبار تجميع المياه ذات المواسير في شكل أشعة دائرية مناسبة شكل (1/37). ولكن هذه الآبار تحتاج إلى تصميم خاص والإنشاء بطرق خاصة بما يجعلها غير مناسبة في حصد المياه لإمدادات التجمعات السكانية الصغيرة .



شكل (35 / 1) بئر ماسورة



شكل (36 / 1) بطارية آبار مواسير



شكل (37 / 1) بئر تجميع محيطي

عند سحب المياه الجوفية يحدث دائما انخفاض في خط المياه الجوفية . كفاءة كل عمليات السحب من نفس الخزان الجوفي سوف تتأثر. عادة لا يحدث هذا الانخفاض في حالات سحب المياه للتجمعات السكانية الصغيرة بدرجة ملحوظة، ولكن يمكن أن يكون الانخفاض كبيراً في حالات استخدام المياه لأغراض الري. لذلك يلزم دائماً مراقبة منسوب خط المياه الجوفية بما يتطلب عمل اختبارات الضخ لتوفير إمكانية تقدير الانخفاض المستقبلي لخط المياه شكل (1/38).

1- الرشاحات :

أعمال الحفر والقطع في التربة كطريقة لسحب المياه الجوفية هي بغرض الوصول إلى ما بعد خط المياه الجوفية من سطح الأرض، يمكن تنفيذ أعمال الحفر بالطرق اليدوية أو الميكانيكية. تصميم حفرة ترشيح المياه كما في الشكل (1/39).

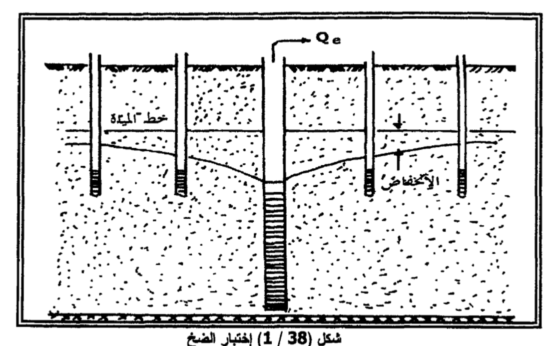
(أ) يتم التصميم بما يحقق السرعة البطيئة لتدفق المياه المتجمعة (لتكون أقل من 0.1 متر/ ثانية) وذلك من خلال تصميم العرض والعمق الكافي وذلك لمنع تآكل أجناب الحفر وضبط الضغط الرأسي.

(ب) العمق يكون أكبر من 1متر ويفضل 1.5 متر وذلك لخفض اختراق أشعة الشمس للمياه والتي تساعد على نشاط نمو النباتات والطحالب والتي تعيق تدفق المياه.

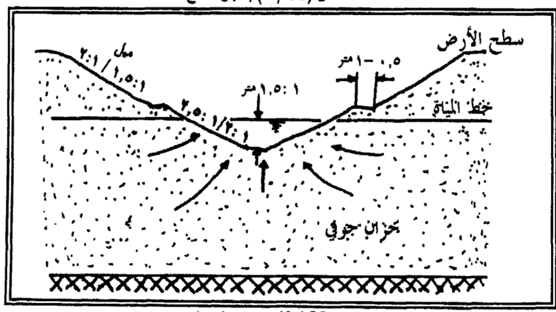
(جـ) يكون ميل الحفر للأجناب خفيف ليوفر الثبات للأجناب. وهذا هام خاصة بالنسبة لمساحة التلامس بين الماء والتربة.

(د) في حالة الحفر العميقة يلزم توفير أكتاف فوق منسوب سطح المياه الجوفية بعرض 0.5 متر. وذلك لتسهيل الاقتراب والنظافة والصيانة.

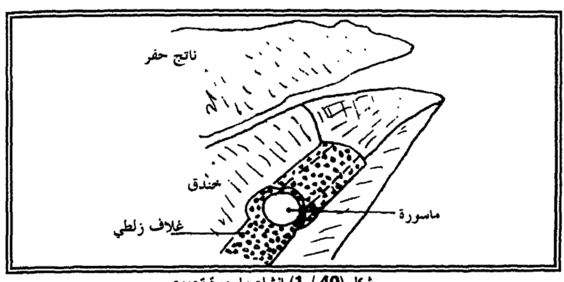
الرشاحات المحفورة والمكشوفة تكون معرضة للتلوث بالبكتريا ونمو الطحالب الرشاحات ذات الثقوب، والفتحات أو الوصلات المفتوحة شكل(1/40) والتي تسمح للمياه بالدخول. الرشاحات المثقبة يمكن صناعتها من الطفلة أو من خلطة خرسانية من الأسمنت والزلط بدون إضافة رمال. وقد تصنع مواسير الترشيح المثقبة من الفخار المزجج المحروق، أو من البلاستيك أو من الخشب . الرشاحات ذات المواسير حيث الوصلات مفتوحة تكون عادة من الخرسانة أو الأسبستوس الاسمنتي.



شكل (38 / 1) إختبار الضخ



شكل (39 / 1) تصميم حفره التجميع



شكل (40 / 1) إنشاء ماسورة تجميع

المواد التي تصنع منها المواسير تتوقف على القوة المطلوبة وتحمل الماسورة ومقاومتها للتآكل بالإضافة إلى التكاليف ومدي توفر هذا النوع. كفاءة الرشاح بالمواسير المثقبة يتوقف على وضعها في الخزان الجوفي. عند وضع الرشاح من المواسير المثقبة في الجزء العلوي من الخزان الجوي يكون من المناسب وضع الثقوب على الجانب السفلي أما في حالة وجودها على عمق في الخزان الجوفي عندئذ تكون الثقوب في الجانب العلوي.

في حالة تربة الخزان الجوفي الحاملة للمياه من الزلط الكبير نسبياً، فإنه يمكن عمل فتحات الثقوب في الرشاح بالقطر الذي يسمح بحجز مواد التربة. في حالة التربة من الرمال المتوسطة أو الناعمة فإن مواسير الرشاح المثقبة وكذلك الوصلات بين المواسير يتم تغطيتها بطبقة أو أكثر من الزلط أو من الرمال الخشنة. ولمنع دخول الرمال الرفيعة في التربة الحاملة للمياه من دخول الرشاح فإن الطبقة الخارجية للتغطية تكون من الرمال الناعمة بما يحقق حجز مواد التربة، أما الطبقة الداخلية فتكون من الزلط بقطر أكبر من فتحات المواسير. في حالة مادة التربة للخزان الجوفي من الرمال ذات القطر المؤثر 0.2 مم فإن الغطاء الزلطي يتكون من طبقتين كل طبقة بسمك 10سم حيث يكون القطر المؤثر 1-2،4-8 مم وكذلك عندما تكون الفتحات بقطر 3مم حيث يمكن استخدامها عندما تكون الفواصل بين المواسير 10 سم فإنه يتم عمل طبقة ثالثة من الزلط بقطر 15- 30 مم.

العوامل الهامة في تصميم انشاءات المواسير كرشاحات هو القطر الداخلي لمواسير الرشاح، وكذلك العمق الذي توضع عنده هذه المواسير والطبقات الزلطية أسفل خط المياه الجوفية.

يمكن تر اكم بعض المواد في المواسير رغم وجود الغطاء الزلطي بما يعمل على انسدادها، ولمنع حدوث ذلك فإنه يتم مراعاة قطر المواسير بما يوفر سرعة

تدفق عالية لإزالة هذه المواد المتراكمة. ولتكون هذه الرشاحات من المواسير ذات التنظيف الذاتي فإن السرعة يجب أن تزيد عن 0.5 متر/الثانية ولا تزيد عن متر في الثانية، لتجنب حدوث فقد فى الضغط بالاحتكاك. هذا يسبب عدم انتظام الانخفاض والسحب للمياه الجوفية على امتداد طول ماسورة الرشاح. وللمحافظة على المياه التي تتجمع وتتدفق خلال المواسير فإنه يكون من الضروري توفير أقطار إضافية للمواسير على امتداد طول الرشاح.

من ناحية تكاليف الحفر فإن رشاح المواسير المثقبة لا يتم وضعه في التربة إلا في حدود العمق الضروري، كما يجب أن يظل مغموراً بالكامل في المياه الجوفية مع وجود السطح العلوي لطبقة التغطية الزلطية ما لا يقل عن نصف متر أعمق من مستوى خط المياه الجوفية، حتى في نهاية موسم الجفاف الطويل عندما يكون خط المياه الجوفية عند أدني منسوب له.

وباستخدام خط المياه المتاح حاليا كقاعدة فإن التصميم يجب أن يوفر انخفاض تشغيل لا يقل عن 1 متر بالإضافة إلى متر آخر قيمة انخفاض خط المياه في فترة الجفاف. عندئذ تكون قمة الغطاء الزلطي على عمق لا يقل عن 2.5متر أو أكثر تحت منسوب خط المياه الحالي. عند وجود الحديد والمنجنيز في المياه الجوفية فإنه توجد خطورة من ترسيبات الحديد والمنجنيز بما يعمل على انسداد الرشاح وطبقة الغطاء الزلطي عندئذ يكون من الضروري وضع الرشاح على عمق أكبر حوالي 4-5 متر تحت منسوب خط المياه لمنع وصول الأكسجين إلى الرشاح مكوناً ترسيبات الحديد والمنجنيز.

5- آبار الحفر والتغويص:

أ- يتم إنشاء آبار الحفر والتغويص بعمل حفرة في الأرض حيث لا تستخدم معدات أو مهارات، وهي طريقة واسعة الانتشار في كثير من البلاد .

وقد ظهر من الخبرة أن قطر بئر الحفر لا يقل عن 1.2 متر في حالة قيام رجلين فقط بأعمال الحفر معا عند قاع البئر، وذلك بالنسبة لبئر يكفي لاستخدام منزلي لتجمع صغير . ولكن في حالة زيادة السكان الذين يعتمدون على بئر الحفر فإنه يلزم زيادة القطر ليكون 2-3 متر ولكن زيادة القطر أكبر من ذلك غير مفيد نظراً لأن الإنتاج الإضافي من المياه يكون صغير جداً.

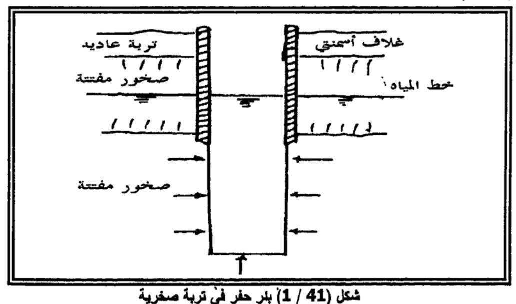
نظراً لكبر الحجم والقطر فإن آبار الحفر توفر كلا من سحب المياه الجوفية وتخزينها. بسبب طاقة التخزين فإن المياه يمكن سحبها بمعدل عالي يزيد عن تدفق المياه ثانيا من البئر إلى التربة. وهذا يحقق توفير الاحتياجات من المياه في ساعات الذروة.

يتوقف عمق البئر على طبيعة التربة والتغير في منسوب المياه الجوفية،عادة يكون العمق حتى 10 متر أو أقل وقد يزيد عن ذلك في حالات نادرة حتى يمكن أن يصل العمق إلى أكثر من 25 متر.

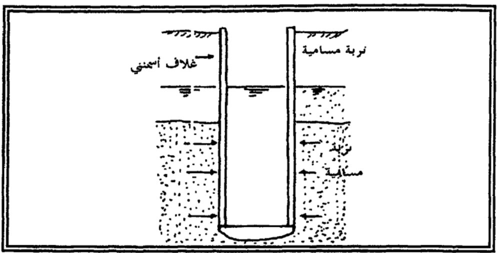
معظم آبار الحفر والتغويص تحتاج إلى طبقة حماية داخلية من الطوب أو الأحجار أو الخرسانة التي تصب داخل البئر أو حلقات الخرسانة سابقة التجهيز. وطبقة الحماية الداخلية توفر عدة احتياجات أثناء الإنشاء فهي تمنع تهايل التربة أثناء الإنشاء وتحافظ على جدران البئر من الانهيار . في حالة التربة المتماسكة مثل الصخور يمكن عدم تبطين البئر ولكن يوصى دائماً بتبطين الجزء العلوي شكل (1/41). في حالة التربة الغير متماسكة يتم تبطين كل العمق للبئر شكل(1/42). مقطع البئر الذي يخترق الخزان الجوفي يتطلب التبطين بالفتحات التي تمكن من تدفق المياه إلى داخل البئر.

في حالة التربة الحاملة لمياه الخزان الجوفي من الرمال الناعمة فإنه يصعب عندئذ عمل فتحات في البطانة الداخلية للبئر والتي تمكن الرمال الناعمة من دخول البئر عندئذ يتم التبطين بكامل عمق البئر بدون فتحات. تدخل المياه الجوفية عندئذ إلى البئر من القاع والذي يتم تغطيته بعدة طبقات من الزلط والذي يمنع وصول الرمال الناعمة إلى مياه البئر شكل (1/43) .

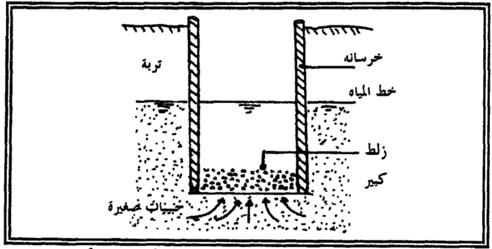
حيث يصل عدد الطبقات من الزلط إلى ثلاث طبقات كل طبقة بسمك 15سم حيث يكون قطر الزلط 1-2 مم للطبقة السفلي ثم 4-8 مم ثم 20-3 مم قطر مؤثر للطبقة العليا.



شكل (41 / 1) بئر حفر في تربة صخرية



شكل (42 / 1) بئر حفر في تربة حبيبية



شكل (43 / 1) بئر حفر في خزان جوفي قليل المسامية

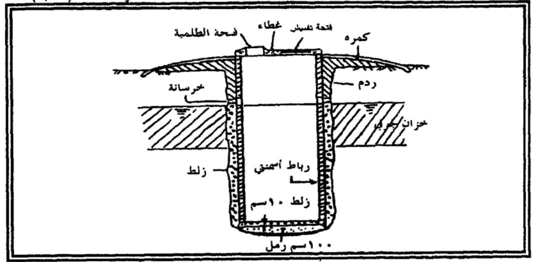
تبطين بئر الحفر يوفر حماية مياه البئر من التلوث بفعل تسرب المياه السطحية وهذا غير مجدي في حالة الآبار المكشوفة نظراً لتعرض المياه للتلوث وخاصة في حالة سحب المياه بالحبل والقادوس (الجردل). وأقل طرق الحماية هي زيادة طبقة الحماية لتمتد 0.5 متر فوق سطح الأرض مكونة حائط رأسي حول البئر، مع عمل بلاطة خرسانية نصف فطرها 2 متر حول البئر، وهذه البلاطة الخرسانية تمنع وصول الملوثات في الفاصل بين الجدار الداخلي للبئر وطبقة الحماية وذلك عند تسرب المياه السطحية من هذا الفاصل .

كل هذه الإجراءات تظل ذات تأثر محدود في حالة استمرار سطح البئر مكشوفاً ولذلك لزم حماية سطح البئر بعمل غطاء خرساني (بلاطة خرسانية) المركب على مضخة لسحب المياه شكل (1/44) مع توفير فتحة في هذا الغطاء يمكن منها تطهير مياه البئر باستخدام الكلورة . رغم بساطة هذه الاحتياجات إلا أنها ليست دائماً

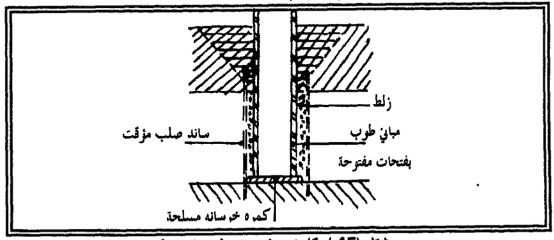
مجدية نظرا لصعوبة إنشاء الطلمبة وصيانتها. أحيانا تنشأ أبار الحفر (الرشاحات) في حفر مؤقت يتم تدعيمه لعدم الانهيار شكل (1/45).

يتم استخدام أي نوع من مواد البناء مثل الطوب والأحجار أو الخرسانة أو الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة التجهيز مع تفضيل الآبار المستديرة. ولإمكان تدفق المياه الجوفية إلى البئر فإن بناء الطوب يتم حيث توجد فواصل في نقط الاتصال وفي حالة استخدام الخرسانة يمكن توفير الفتحات باستخدام قطع صغيرة من مواسير الصفيح أو خراطيم البلاستيك توضع أثناء صب الخرسانة لتوفير الفتحات. ولتجنب دخول المياه الملوثة من سطح الأرض تتم التحشية بحرص بطبقات صغيرة مع الدمك الجيد.

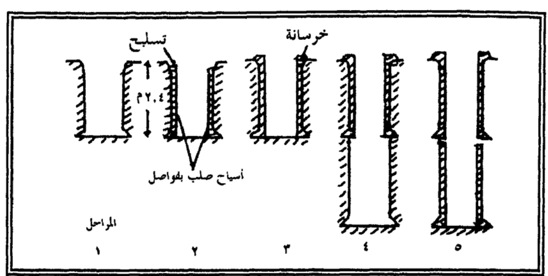
في حالة التربة المتماسكة التي لا تتطلب إجراءات عاجلة لتقوية الجدار الداخلي للحفر وثباته، ولكن من الحكمة عمل التقوية والحفر لجزء بعد الآخر كما في الشكل (1/46).



شكل (44 / 1) حماية البئر من التلوث



شكل (45 / 1) بئر حفر مبني في حفر مؤقت

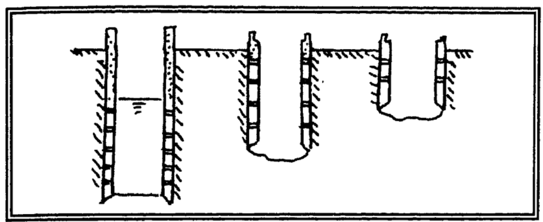


شكل (46 / 1) حاجز من الخرسانة المسلحة مبني في الموقع

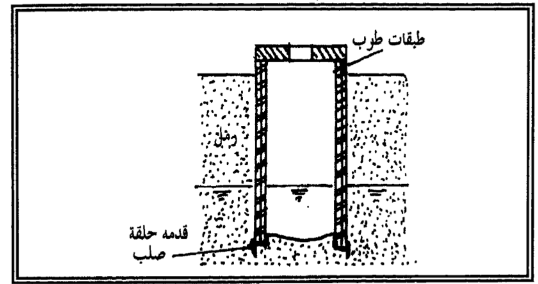
ب- حفر الآبار بالتغويص :

الطريقة الشائعة في مصر وفي معظم الدول لعمل حفر الآبار هي الحفر من الداخل والتغويص، حيث يتم الحفر من القاع عندئذ يغوص جدار البطانة الداخلية إلى أسفل بسبب وزنه شكل (1/47) وفي حالة الآبار ذات قطر حتى 3-4 متر. فإن أعمال الحفر الداخلي تتم من آن لأخر بواسطة أدوات الحفر اليدوية أسفل خط المياه الجوفية حيث يتم رفع المياه من البئر لأهمية ذلك في القيام بأعمال الحفر التالية. في هذا النوع من الآبار تكون الآبار الدائرية هي المفضلة والأكثر استخداما نظراً لكونها أكثر استقرار وليست معرضة لتغير استدارتها عند تعرض قطاعات البطانة للبئر للقوي الغير متساوية. يستخدم لبناء البطانة الطوب أو الحجر أو كتل الخرسانة مع استخدام خنزيرة قوية من الصلب كقاعدة شكل (1/48) قدمة الخنزيرة تمنع نزول البناء الداخلي (بطانة البئر) من النزول بدون توازن والذي قد يسبب تغير الاستدارة وحدوث تشققات. في هذه الحالات يكون المناسب استخدام الخرسانة المسلحة كبطانة، حيث يمكن عمل البطانة فوق سطح الأرض مع استمرار الغوص للبئر. يمكن استخدام مادة البطانة من مواسير بقطر كبير من الخرسانة أو الاسبستوس أو البلاستيك كذلك يمكن استخدام حلقات خرسانية سابقة التجهيز لعمل البطانة (شكل 1/49).

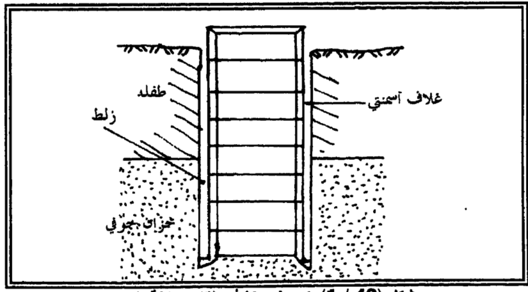
تجهز النهاية السفلي للحلقة البداية بالخنزيرة الصلبة ذات نهاية قطع داخلي، ويكون القطر الخارجي اكبر قليلا لتسهيل عملية النزول ولخفض الاحتكاك بالتربة على طول المحيط الخارجي شكل (1/50). حلقة البداية مع تغويصها تترك فراغ حول البطانة في التربة المفككة. يتم امتلاء هذا الفراغ ولكن في التربة الغير مفككة فإنه يلزم ملء هذا الفراغ بالمونة الأسمنتية أو الطفلة لمنع وصول المياه الملوثة من سطح الأرض. على طول عمق الخزان الجوفي تصنع الحلقات الخرسانية من الخلطة الخالية من الرمال حيث يستخدم الأسمنت والزلط فقط والذي يساعد على دخول المياه إلى البئر.



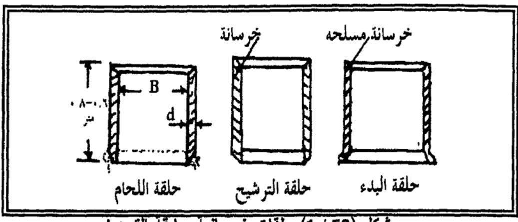
شكل (47 / 1) تغويص بئر حفر بالحفر من الداخل



شكل (48 / 1) بئر حفر بحوائط من الطوب

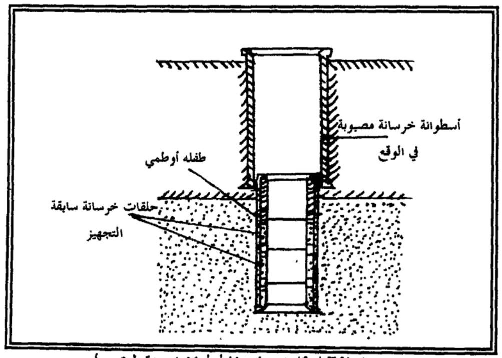


شكل (49 / 1) بئر حفر منشأ بحلقات سابقة التجهيز

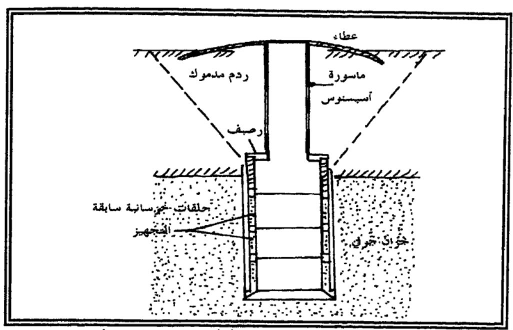


شكل (50 / 1) حلقات خرسانية سابقة التجهيز

أحياناً يكون الإنشاء الأكثر اقتصاداً والأفضل فنياً بربط الطريقتين معاً السابق شرحهما لإنشاء البئر. الإنشاء الموضح في الشكل (1/51) يوفر حماية جيدة عند تسرب المياه الملوثة من السطح، كما أنه يساعد على تنفيذ البئر بعمق أكبر وذلك عند انخفاض منسوب المياه الجوفية. التصميم الموضح في الشكل (1/52) لا يوفر هذه الميزة ولكن تكلفته أقل كثيراً في الإنشاء.



شكل (51 / 1) بئر حفر منشأ بأستخدام عدة طرق معاً



شكل (52 / 1) بئر حفر منشأ بأستخدام عدة طرق معاً

من الواضح أنه من الصعب حماية مياه بئر الحفر من التلوث البكترويولوجي لذلك يوصى بالأتي :

الجزء العلوي من طبقة البطانة تكون مانعة لنفاذة المياه لعمق عدة أمتار أسفل أدني انخفاض لمنسوب المياه في البئر.

* ملء الفراغ ما بين حائط الحفر وبناء البطانة الداخلية بالطفلة ويفضل الملء بالمونة الأسمنتية.

* قمة طبقة البطانة من البناء يجب أن تمتد حتى 0.5 متر فوق سطح الأرض مع تجهيزها بغطاء مانع لنفاذ المياه يركب عليها طلمبة يدوية لسحب المياه من البئر.

*عمل حزام من بلاطة خرسانية حول الجزء الخارجي المرتفع من البئر (البطانة بقطر 4 متر) مع الميل للخارج مع تجهيز قناة لتجميع المياه بعيداً عن موقع البئر.

*كلورة المياه في البئر لتطهيرها، بعد تنفيذ البئر مع تكرار هذه العملية في توقيتات منتظمة.

جـ- أبار المواسير:

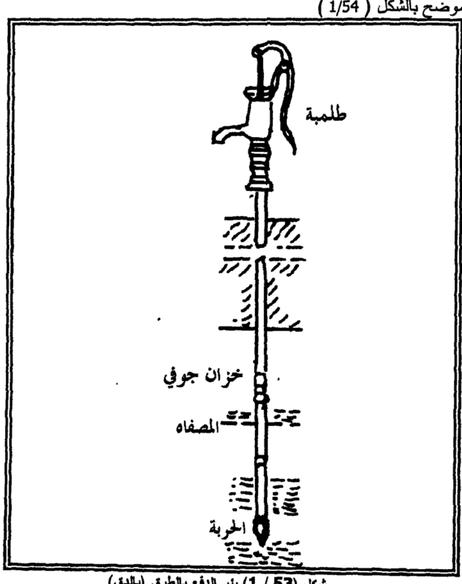
تتكون أبار المواسير من مواسير صماء في مواجهة التربة الغير حاملة للمياه ومواسير مثقبة التي تواجه التربة الحاملة للمياه (المصفاه).

آبار المواسير مناسبة لإمدادات المياه الصغيرة، يمكن تركيبها بالدفع أو البثق أو بالتخريم والذي يناسب الآبار ذات القطر الأكبر والمصممة لزيادة كمية المياه وعلى أعماق كبيرة أو لحسب المياه من الخزانات الجوفية التي تعلوها صخور صلبة .

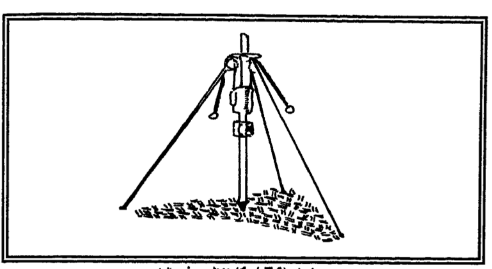
ولذا فإن التخريم لإنشاء الآبار يتم لأي عمق ولأي نوع من التربة وهو يتطلب معلومات ومعدات معقدة ويقوم به خبراء في الحفر. نظراً للأعماق الكبيرة فإنه يلزم الدراسة المسبقة لموقع البئر قبل البدء في الإنشاء بما يتطلب الاستعانة بالمتخصصين والخبراء وكذلك الدراسات الهيدرولوجية.

د- آبار الدفع :

شكل (1/53) تنشأ آبار الدفع بدفع الحربة في التربة الحاملة، ولحماية الحربة من التلف فإنها تصنع من صلب قوي وتركب في نهاية المصفاه حيث يكون قطرها أكبر نسبيا من قطر المصفاه. معظم قطر الحربة يكون بين 3.5-5 سم مع دفع الحربة واستمرار عملية الدفع لوصول الحربة إلى التربة. ويتم تركيب أجزاء الماسورة بالتتالي بالقلاووظ على السطح العلوي والذي يكون دائما فوق سطح الأرض. يمكن عمل تجهيزات كثيرة منها الموضح بالشكل (1/54)



شكل (53 / 1) بئر الدفع بالطرق (بالدق)



شكل (54 / 1) تنظيم دفع البئر

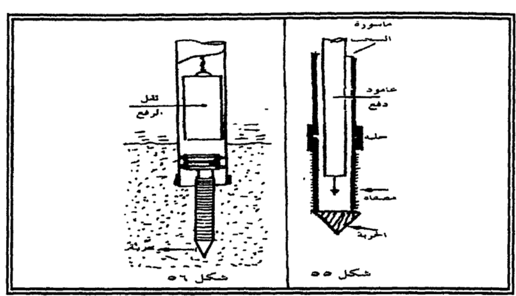
مهما تكن طريقة الاستخدام فإن الضربات يجب أن تكون مربعة وعمودية لتجنب انحناء الماسورة واحتمال كسرها نظراً لأن الماسورة هي التي تنقل الضربات إلى الحربة لذلك فإنه يلزم استخدام مواسير ذات جدار سميك، وخاصة عند توقع مقابلة صعوبة في الدفع لوجود تربة صلبة.

في طريقة حفر البئر بالدفع كما في الشكل (1/55) فإن عامود الدفع يسقط حراً داخل المصفاه بما يدفع الماسورة في التربة حيث يمكن استخدم ماسورة ذات سمك عادي. آبار الدفع مناسبة خاصة في الرمال الناعمة والتي تخترقها بسرعة الحربة.

ولكن لا تستخدم في حالة وجود صخور أو عقبات أخرى في التربة. في كل أنواع التربة تزداد المقاومة ضد الدفع مع زيادة العمق ولذلك فإن آبار الدفع تستخدم فقط لأعماق لا تزيد عن 10 إلى 15 متر ولنفس السبب يكون القطر عادة صغير حيث يتراوح ما بين 3 سم إلي 10 سم والقطر العادي هو من 5-8 سم. لا يمكن تركيب طلمبات الآبار داخل مثل هذا القطر الصغير.

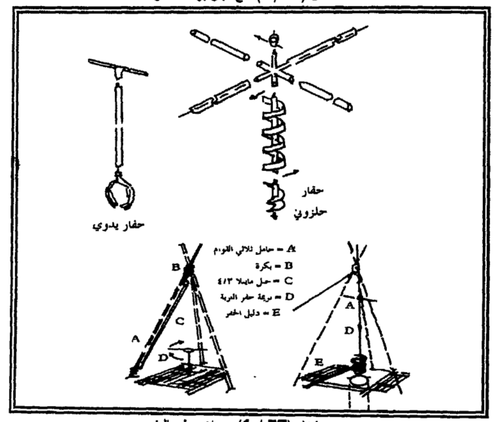
عيوب آبار الدفع هو أن فتحات المصفاة يحتمل إنسدادها بمواد التربة من الطمى والذي يصعب إزالته بعد تمام دفع وإنشاء البئر. يمنع حدوث الانسداد لمصفاه البئر باستخدام الوصلة المنزلقة شكل (1/56) أثناء الدفع تكون المصفاه داخل القيسون وفقط في حالة الوصول إلى العمق المطلوب تدفع المصفاه إلى الخارج لتخترق التربة الحاملة للمياه.

عند وجود تربة صلبة أسفل سطح الأرض مباشرة، فإن الحل المفضل هو باستخدام البزيمة أولاً لعمل ثقب عميق ما أمكن بقطر أكبر قليلاً عن قطر حربة البئر لدفعة إلى أسفل شكل (1/57). عندما يكون الثقب مستقيم وعمودي وبالعمق الكافي فإن ذلك يساعد على إنشاء بئر مستقيم يصعب إنشاؤه بطرق أخرى.



شكل (55 / 1) دفع البئر بأستخدام عامود دفع داخلي

شكل (56 / 1) دفع البئر بوصلة منزلقة



شكل (57 / 1) معدات حفر البئر

بعد تمام انشاء البئر وتطهيره جيدا يمكن استخدام المياه بأمان. ولكن إنتاج البئر بالدفع قليل حيث يصل ما بين 0.1 إلى 1 لتر/ثانية بما يكفي الاستخدام المنزلي لتجمع صغير. وللحصول على كمية أكبر من المياه يتم إنشاء وربط آبار الدفع متصلة فيما

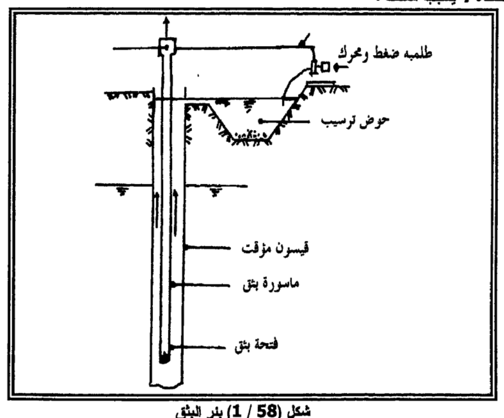
بينها بخط سحب مع المضخة كوحدة واحدة ولكن هذا الحل مكلف إلى حد ما. في المناطق النائية تكون آبار الدفع ذات ميزة في سهولة وسرعة الإنشاء مع عدم الحاجة إلى معدات أو مهارات خاصة.

هـ- آبار البثق :

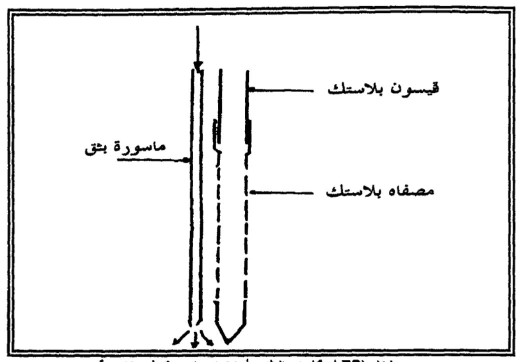
لا تختلف آبار البثق كثيراً عن آبار الدفع ولكن الحربة في النهاية السفلى من المصفاه تكون مفرغة بدلاً من أن تكون صلبة ومسمطة. يتم حفر البئر خلال عملية التجريف نتيجة تدفق تيار المياه وبثقها من خلال نهاية الماسورة (الحربة المفتوحة) شكل (1/58).

مقارنة بآبار الدفع فإن آبار البثق تكون أسرع. نظراً لعدم الحاجة إلى قوي ميكانيكية فإنه عندئذٍ يمكن استخدام مواسير البلاستيك بدلاً من مواسير الصلب في القيسون والمصفاه كما يلاحظ أن آبار البثق تصلح فقط في التربة الغير متماسكة. التربة الرملية هي الأكثر مناسبة لهذه الطريقة، أما التربة الطينية فإنها تعيق تدفق المياه، كذلك في حالة آبار الدفع فإن الكتل الحجرية لا يمكن اختراقها، ولكن بعملية بسيطة يمكن الكشف عن تكوينات التربة مسبقاً وذلك بالغسيل بماسورة البثق مسبقاً كما في الشكل (1/59) حتى العمق المطلوب.

ماسورة البثق هذه تستخدم كذلكِ في تقنيات بثق الآبار حيث تستخدم ماسورة بثق منفصلة لغسل القيسون والمصفاه من البلاستيك في التربة. مقارنة بآبار الدفع فإنه يمكن الحصول على عمق أكبر إلى حد ما لنفس القطر من 5– 8 سم. كما أن انسداد فتحات المصفاه لا يسبب مشكلة.



شكل (58 / 1) بئر البثق



شكل (59 / 1) بئر البثق بأستخدام ماسورة بثق خارجية

يمكن إنشاء البئر كذلك بالتخريم. تقنيات التخريم مفيدة في التربة الغير صلبة مثل الرمال، الحجر الجيري الغير صلب. في حالة الأعماق الضحلة تستخدم البريمة الحلزونية كما في الشكل (1/57). في حالة الأعماق الأكبر تستخدم البريمة ذات الجاروف والتي تدار من على سطح الأرض بواسطة عامود إدارة. وهذا العامود يكون من الصلب بطول 5—6 متر ومتصل بقارنة سريعة الرباط. الجزء العلوي يسمي رأس الطرق وله مقطع مربع لاستقبال عزم الدوران من الجزء الدوار في التجهيزه المعدة لذلك. وفي القاع تجهز البريمة بالقاطع والتي تدفع بالتربة إلى غرفة أسطوانية إلى أعلى. عند الامتلاء تدفع البريمة فوق سطح الأرض مع فتح القاع المجهز بمفصلات. يتم ذك في كل مرة حيث يتم فك عامود الإدارة ثم إعادة تركيبه ثانيا، وهي عملية تستغرق وقتا ومملة.

يلزم معرفة أن الآبار بالتخريم يناسب أساساً التربة الغير متماسكة. في التربة الملتصقة مثل الطمي لا تتطلب وجود قيسون مؤقت فوق خط المياه الجوفية عكس ذلك في حالة التربة الرملية والذي يتطلب وجود القيسون المؤقت أسفل منسب خط المياه الجوفية. البريمة تقوم بتكسير طبقات التربة ولكنها لا ترفع مواد الحفر إلى السطح، عندئذ يلزم إنزال نازح مربوط بحبال في الثقب لجمع مواد الحفر. هذا النازح يتحرك إلى أعلى وأسفل قرب قاع الثقب. عند المشوار السفلي تحتجز مواد الحفر بقفل المحبس. هذه العملية تزيد من الوقت اللازم لحفر ثقب البئر.

٩- إنشاء آبار المواسير بطريقة قاطع الطفلة :

طريقة قاطع الطفلة هي طريقة غير مكلفة وتتطلب عمالة كثيفة لإنشاء بئر الماسورة في التربة الطينية الغير متماسكة كتلك الموجودة في دلتا الأنهار. يمكن حفر بئر الماسورة حتى عمق 50 متر باستخدام هذه الطريقة (استخدمت في بنجلاديش) في سحب المياه الجوفية الضحلة.

لبدء التخريم يتم عمل حفرة بقطر حوالي 60 سم وعمق 50 سم حيث يصب فيها الماء يتم عمل بعض سقالات من نبات الخيزران فوق الحفر. يتم وضع قطعة من ماسورة صلب عمودياً في التربة. يتم التخريم بتحريك الماسورة إلى أعلى وإلي أسفل مع رج الماسورة. يتم تثبيت عوارض من خشب الخيزران بالماسورة والتي يتم تحميلها على السقالة. عند نهاية ماسورة الحفر تتفتت التربة بالماء الداخل للماسورة بما يسمح باختراق الماسورة للتربة. التربة المفككة والماء تدفع إلى أعلا إلى خارج فتحة الماسورة.

أثناء إنزال الماسورة، يجلس فرد على الشدة (السقالة) ويلاحظ الحفر العمودي للبئر. بعد كل ضربة للماسورة يقوم بقفل فوهة الماسورة بيده حيث يحدث تفريغ. وهذا يساعد على تفكك التربة عند قاع الماسورة ودفع التربة المفككة لأعلي. تضاف قطع أخرى من المواسير كلما زاد الاختراق.

بعد استمرار غوص البئر يتم جمع عينات التربة من تدفقات الطمي عند قمة ماسورة الحفر، حيث تؤخذ العينات كل 1.5 متر عمق ثم تختبر. يتم توقف الحفر عند الوصول إلى الاختراق الكامل للتربة الحاملة للمياه. يتم سحب كل الماسورة قطعة بعد قطعة مع ملاحظة تماسك الثقب المحفور .

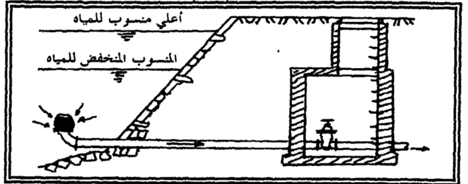
مباشرة بعد سحب مواسير الحفر يتم تجهيز قيسون البئر من البلاستيك المجهز بالمصفاه وإنزاله إلى العمق المحدد. لعمل بئر بعمق 28.5 متر يتطلب 11 ساعة للحفر، 4 ساعة للتركيب، 2-3 فرد، لإقامة الرصيف أو السقالة فرد واحد يكفي .

6- مأخذ المياه السطحية :

في البلاد الاستوائية يحدث للأنهار والمجار المائية تغيرات موسمية في معدلات التدفق. وهذا التغير يؤثر على نوعية المياه، حيث تزداد المواد الصلبة العالقة في فترة الفيضان. مجاري الجبال تحتوي على أحمال عالية من الطفلة ولكن الأملاح المذابة تكون منخفضة ونادراً ما يحدث التلوث بفضلات الإنسان. في السهول ومصبات الأنهار يكون تدفق المياه عادة بطيء عدا في حالة وجود فيضان فالمياه يمكن أن تكون قليلة العكارة نسبيا ولكنها تكون دائماً ملوثة بما يتطلب المعالجة لتكون المياه صالحة للشرب .

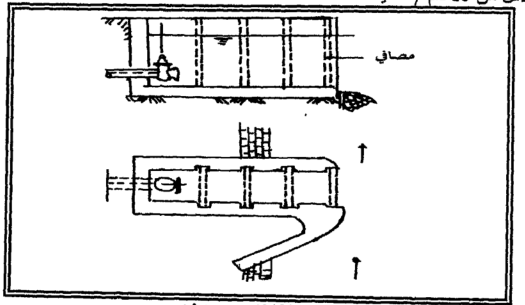
نوعية مياه الأنهار لا تختلف كثيرا عبر عرض وعمق النهر لذلك يمكن إنشاء المأخذ في أي مكان مناسب حيث يمكن سحب المياه بالكميات الكافية. ويتم تصميم المأخذ لتجنب الإنسداد وسحب الرواسب هذا مع تأمين إنشاءات المأخذ في حالة

تدفقات النهر العالية والفيضانات وإن كان هذا غير وارد بعد بناء السد العالي. في حالة عدم تعرض المأخذ للتلف لفعل حركة الكتل الحجرية الكبيرة مع تيار الماء فإنه يمكن إنشاء المأخذ بدون حماية شكل (1/60).



شكل (1/60) مأخوذ نهر غير محمى

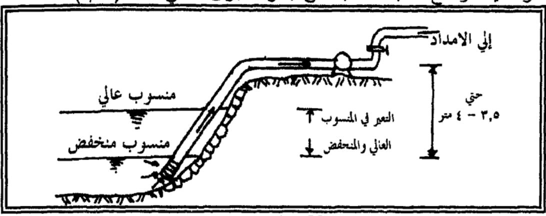
أما في حالة تعرض إنشاءات المأخذ للتلف فإن حمايته تكون ضرورية كما في الشكل (1/61). قاع إنشاءات المأخذ يجب ان يمتد إلى ما لا يقل عن متر واحد فوق قاع المجري لمنع دخول كتل الأحجار والتربة المتحركة. كما يمكن توفير هدار لمنع دخول الأعشاب والمواد الطافية مثل جذوع وفروع الأشجار. ولخفض عمل الطفلة والمواد العالقة فإن سرعة التدفق خلال المأخذ يجب أن تكون منخفضة لأقل من 10 سم / الثانية.



شكل (1/61) إنشاء مأخذ نهرى

مأخذ المياه في المجري المائي العذب يحتاج دائما إلى عمق كافي في المياه قد يتم اللجوء إلى إنشاء هدار غاطس عبر المجري المائي تحت التيار لضمان توفير العمق الكافي للمياه، حتى في فترات الجفاف.

عادة تستخدم الطلمبات لسحب المياه من الأنهار أو فروعها. يمكن استخدام طلمبة سحب في حالة التغير في أعلى منسوب وأدني منسوب لا يزيد عن 3.5-4 متر، حيث توضع طلمبة السحب على جسر المجرى المائي شكل (1/62) .



شكل (62 / 1) ماخذ نهري بالضخ

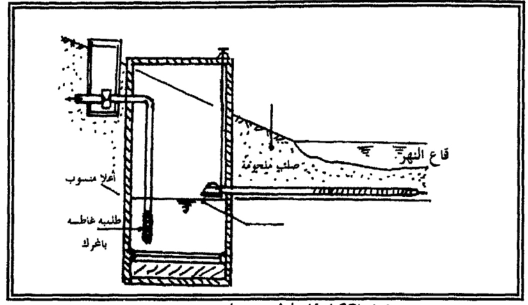
في حالة زيادة رفع المياه عن 3.5-4 متر، فإنه يلزم إقامة بيارة مياه في جسر المجري، حيث تجمع المياه بواسطة ماسورة تجميع مثقبه وموضوعة أسفل قاع النهر، حيث تتدفق المياه بالجاذبية. وحيث أن أدني منسوب للمياه سيكون عميقا بما لا يناسب استخدام طلمبة سحب موضوعة على جسر المجري فوق سطح الأرض، لذلك فإنه يتم سحب المياه باستخدام طلمبة غاطسة شكل (1/63)

ماخذ المياه في البحيرة:

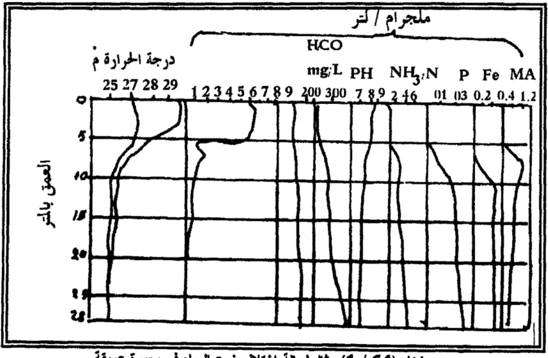
نوعية المياه في البحيرة تتأثر بالتنقية الذاتية خلال التهوية والعمليات البيولوجية والكيميائية وترسيب المواد الصلبة العالقة. يمكن ان تكون المياه رائقة جدا وذات محتوي منخفض من المواد العضوية وذات تشبع بالأكسجين. عادة يكون التلوث بمخلفات الإنسان والحيوان قريباً من شواطئ البحيرة. وهذه لها تأثير على الصحة العامة ولكن بعيداً عن الشاطئ تكون المياه غالبا خالية من الكائنات المسببة للأمراض مثل البكتريا والفيروسات ولكن بالنسبة للطحالب فإنه يمكن وجودها وخاصة في الطبقة العليا من المياه. في البحيرات العميقة حيث الرياح والاضطراب بسبب هبوب الرياح واصطدامها بسطح المياه لا يؤثر ذلك على الطبقات العميقة من المياه. وحيث لا يحدث خلط كذلك بين الطبقة العليا الدافئة والطبقات السفلي الأقل في درجة الحرارة والأكثر في الكثافة، ونظراً لهذا الاختلاف فإن نوعية المياه في العمق تختلف عن نوعية المياه على السطح ولكن في المناطق الحرارة قد لا يكون هناك اختلاف في درجات الحرارة شكل (1/64) يعتبر كمثال .

يجب أن يؤخذ في الاعتبار الفرق في درجات الحرارة وكذلك نمو الطحالب على سطح البحرية .

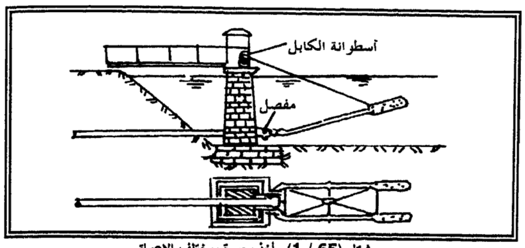
في البحيرات العميقة في حالة المياه ذات الغذاء المنخفض من النترات والفوسفات .. الخ فإن نوعية المياه لا تتغير خلال كل عمق البحيرة، ولكن أخذ المياه من العمق يكون له درجة حرارة ثابتة في حالة سحب المياه أسفل سطح المياه يجب عمل الإجراءات اللازمة كما في الشكل (1/65).



شكل (63 / 1) مأخذ نهري باستخدام رشاحات تجميع



شكل (64 / 1) مثال لحالة إختلاف نوع المياه في بحيرة عميقة

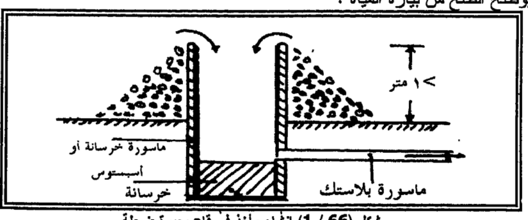


شكل (65 / 1) مأخذ بحيرة بمختلف الاعماق

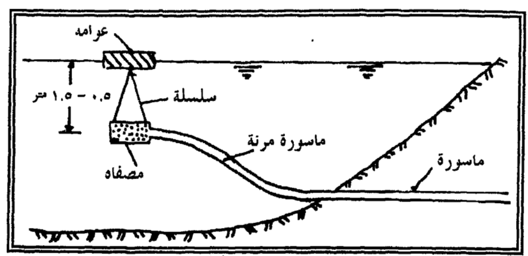
في حالة المياه المحتويه علي مواد غذائية من الفوسفات والنترات مع وجود اختلاف في نوعية المياه على الأعماق المختلفة، عندئذ يتم سحب المياه من الطبقة العليا في البحيرة حيث أعلى تركيز من الأكسجين، ولكن نظراً لارتفاع درجة الحرارة عند السطح فإن سحب المياه يكون على عمق 3-4 أسفل سطح المياه. في حالة البحيرات الضحلة فإن المأخذ يكون مرتفع بما فيه الكفاية عن قاع البحيرة لتجنب دخول الطمي شكل (1/66).

ب- إنشاءات المأخذ :

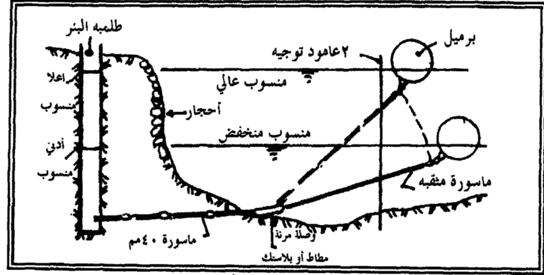
في حالة إمدادات المياه بكميات صغيرة يمكن عمل مأخذ بسيط حيث معدل استهلاك الفرد 30 لتر/في اليوم والاستهلاك في ساعات الذروة حوالي أربعة أضعاف متوسط معدل المياه للفرد. لعدد 100 فرد يلزم أن تكون طاقة المأخذ 1.4 لتر في الثانية فقط. باستخدام ماسورة المأخذ بقطر 6 (6 بوصة) يوفر سرعة تدفق المياه 10 سم في الثانية. في حالة استخدام ماسورة 3 بوصة تكون السرعة 50 سم في الثانية. يمكن استخدام نظام بسيط للمأخذ باستخدام ماسورة مرنة شكل (1/67). نموذج آخر للمأخذ باستخدام برميل طافي لعمق ماسورة المأخذ الشكل (68-1) يوضح الضخ من بيارة المياه .



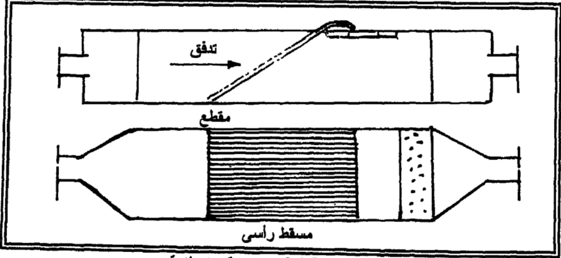
شكل (66 / 1) إنشاء مأخذ في قاع بحيرة ضحلة



شكل (67 /1) إنشاء مأخذ مياه بسيط



شكل (68 / 1) مأخذ عائم



شكل (69 / 1) مصفاه قضبان ثابتة

جـ- المصافي :

تستخدم المصافي لحجز الأجسام الصلبة العالقة التي يزيد حجمها عن حجم فتحات المصافه. تستخدم المصافي لمرور المياه خلالها وتكون إما من القضبان المعدنية ذات الفواصل المتقاربة أو الألواح المثقبه. استخدام المصافي لا يغير في نوعية المياه أو في خواصها الكيماوية أو البكتروبولوجية. تستخدم المصافي في إمدادات المياه للأغراض المختلفة :

* إزالة الأجسام الصلبة الطافية والعالقة الأكبر في الحجم من فتحات المصفاه والتي تحدث إنسداد في خطوط المواسير أو تلف الطلمبة والمحابس أو إعاقة عملية المعالجة. تستخدم المصافي الثابتة والتي يتم تنظيفها إما يدويا أو ميكانيكيا.

* مصافي القضبان تتكون من قضبان من الصلب بفواصل من 0.5 إلى 5 سم. في حالة توقع حجز كمية صغيرة من المواد الطافية والعالقة فإن القضبان تكون مائلة بزاوية 60-75 بالنسبة للأفقى، يتم التنظيف بالزحافة في حالة توقع زيادة المواد المحجوزة فإن النظافة اليدوية تكون مجدية ويكون ميل المصافي 30-40° بالنسبة للأفقي شكل (1/69).

* تتدفق المياه خلال مصافي القضبان بسرعة بطيئة 10-20 سم / الثانية. بعد مرور المصفاه يجب ألا تقل سرعة المياه عن 30-50 سم في الثانية لمنع ترسيب المواد العالقة. تكون السرعة بين فتحات المصفاه حتى 70 سم فى الثانية، لتجنب حجز المواد المنضغطة من قضبان المصفاه، يصمم الفقد في الضغط الرأسي لمصافي القضبان ليكون من 50-100 سم/الثانية.

7- التغذية أو إعادة شحن الخزان الجوفي بالماء:

تعتبر المياه الجوفية أفضل من مياه المجاري السطحية والبحيرات نظراً لخلوها من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل البكتريات والفيروسات خاصة على الأعماق التي تزيد عن 40 متر من سطح الأرض. ولكن المياه الجوفية قد لا تكون متاحة أو أن تكون الكميات التي يمكن سحبها محدودة حيث أن السحب من المياه الجوفية يجب ألا يزيد عن التغذية الطبيعية لهذه الخزانات الجوفية .

لذلك فعندما تكون هذه التغذية صغيرة، فإن السحب الآمن من البئر سيكون كذلك صغيراً عندما تتوفر الظروف المناسبة.

يمكن زيادة الشحن الجوفي للخزان الجوفي بما يزيد من السحب الآمن . وتتم عملية إعادة الشحن الجوفي بتغذية الخزان الجوفي من الأنهار أو البحريات إما مباشرة أو بنشر المياه فوق منطقة التسرب حيث تتسرب المياه خلال التربة إلى

الخزان الجوفي. الشحن الجوفي يمكن أن يوفر إمدادات للتجمعات الصغيرة في كثير من البلاد.

الشحن الجوفي بالإضافة إلى كونه من عوامل زيادة إنتاجية البئر فإنه يعمل كذلك على تنقية المياه المتسربة. فعند تسرب المياه من المجاري الطبيعية كالأنهار أو من البحيرات خلال تربة ذات حبيبات شكل (1/70) فإنه يحدث ترشيح مع الإزالة لنسبة عالية من المواد العالقة الصلبة والهلامية وكذلك البكتريا والفيروسات والكائنات الصغيرة الأخري، حيث يعمل الخزان الجوفي كمرشح رملي بطئ .

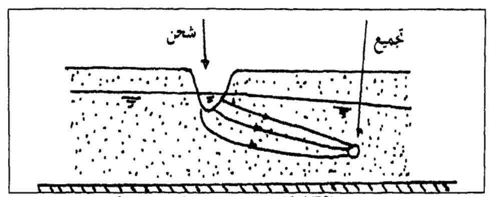
ذلك شريطة أن يتم استعادة المياه من مسافة كافية من نقطة الشحن والتي يفضل أن تزيد عن 50 متر، وإلا فإن المياه سوف تتسرب إلى جوف الأرض لمدة طويلة والتي تصل إلى شهرين أو أكثر. نتيجة للعمليات البيوكيميائية والامتصاص والترشيح فإن المياه تصبح نقية وآمنة للاستخدام المنزلي. في كثير من الحالات يمكن استخدامها بدون معالجة تالية حيث يتم تأكيد صلاحيتها بالاختبارات المعملية.

الطرق الرئيسية للشحن الجوفي الصناعي للخزان الجوفي هي التسرب القريب من جسر المصدر المائي السطحي أو بنشر المياه على سطح تربة ذات نفاذية. في حالة الربط ما بين الشحن الجوفي والتخزين الجوفى للمياه، فإنه يمكن تخزين المياه من النهر في فترة وفرة المياه به وإعادة سحب المياه في حالة الجفاف أو في حالة ضعف تدفقات المياه في المجري المائي(شكل 1/71). بالإضافة إلى فائدة التخزين فإنه يتم حماية المياه من البخر ومن نمو الطحالب.

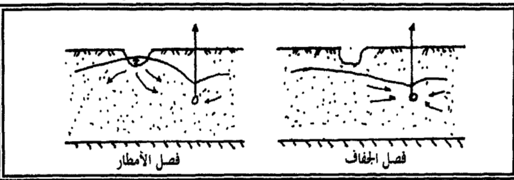
أ- التسرب القريب من جسر المصدر المائي كوسيلة للشحن الجوفي:

لسحب المياه من المصدر المائي لشحن الخزان الجوفي تستخدم آبار أو رشاحات موازية للشاطئ. في الأصل يتم تغذية الخزان الجوفي من البئر وما زاد عن طاقة الخزان الجوفي فإنه يتسرب لتغذية النهر وعند سحب المياه وضخها من الخزان الجوفي فإن تدفق المياه منه إلى النهر سوف ينخفض. سحب المياه من الخزان الجوفي يعمل على خفض منسوب المياه العلوي في الخزان حيث قد يصل الانخفاض قريباً من الشاطئ إلى أدني من مستوى المياه في النهر بسبب إعاقة تدفقات المياه، عندئذ تدخل مياه النهر إلى الخزان الجوفي، على شريطة أن يكون مجري المياه الجوفية في تربة ذات نفاذية مناسبة وبذلك يمكن إستعادة كمية كبيرة من المياه إلى الخزان الجوفي بدون التأثير على منسوب المياه الجوفية شكل(1/72).

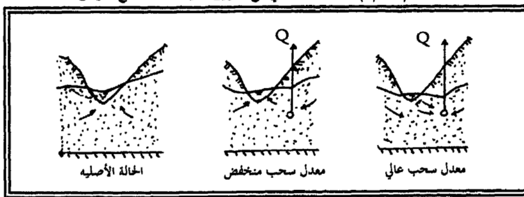
يتحكم في شكل التغذية بعاملين وهما معدل السحب من الخزان الجوفي بواسطة البئر أو الرشاح والمسافة شكل (1/73). ولإعطاء الزمن الكافي لتنقية المياه أثناء تدفقها(سريانها) من النهر إلى الرشاح فإن المسافة بينهما يجب ألا تقل عن 50 متر ويفضل أن تكون أكثر من 50 متر. والعامل الهام في رحلة المياه الجوفية هو الوقت حيث يلزم ما لا يقل عن 3 أسابيع وكلما أمكن يكون شهرين أو أكثر. طبيعي أن زمن رحلة المياه لا يتوقف فقط على المسافة ولكن على معدل السحب وسمك الخزان الجوفي ونفاذيته.



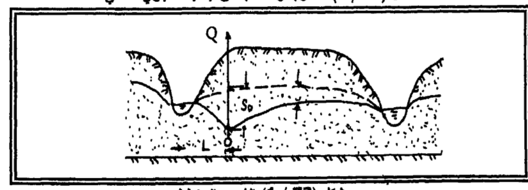
شكل (70 / 1) الشحن الصناعي للخزان الجوفي



شكل (1/ 71) الشحن الصناعي مع تخزين المياه تحت سطح الأرض



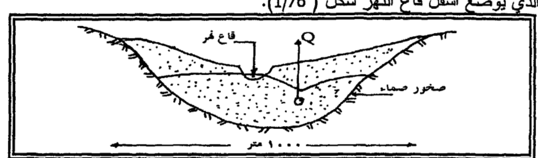
شكل (72 / 1) التسرب والسحب من جانب المجري المائي



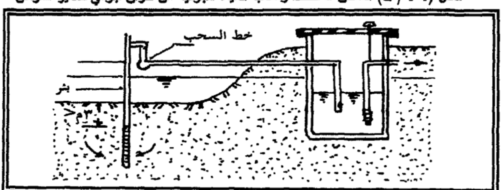
شكل (73./ 1) الشحن المخطط

التغذية للخزان الجوفي بهذه الطريقة يفيد في حالات ضعف وصغر التغذية الطبيعية. فمثلاً في حالة الخزان الجوفي المكون من تربة نفاذة وبجوار شاطئ المجري المائي وعرضه صغير شكل (1/74). في مثل هذه الحالات يكون السحب الأمن من هذا الخزان بالتغذية الطبيعية ضعيف ولكن يمكن سحب كميات كبيرة في حالة عمل التغذية المخططة .

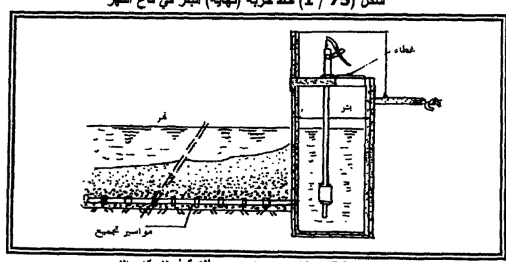
طرق إستعادة المياه التي تم شحنها يمكن أن تتم في قاع النهر الشكل (1/75) يوضح بئر يعمل بالبثق متصل بخط سحب بالتفريغ بديل آخر وخط التجميع الأفقي الذي يوضع أسفل قاع النهر شكل (1/76).



شكل (74 / 1) الشحن المخطط وسحب المياه الجوفية من خزان جوفي صغير العرض



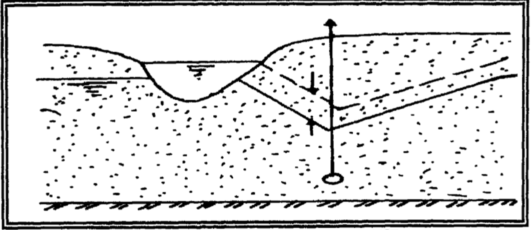
شكل (75 / 1) خط حربة (نهاية) البئر في قاع النهر



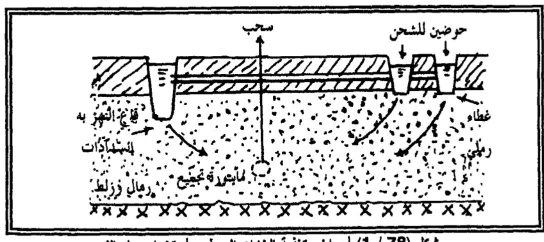
شكل (76 / 1) ماسورة تجميع أفقية أسفل قاع النهر

عند إعادة الشحن من النهر والسحب بواسطة البئر تحدث إعاقة وانسداد أحيانا بسبب المواد العالقة وترسيب المواد المذابة وهذا الانسداد يسبب فقد في الضغط الرأسي للتسرب شكل (1/77)

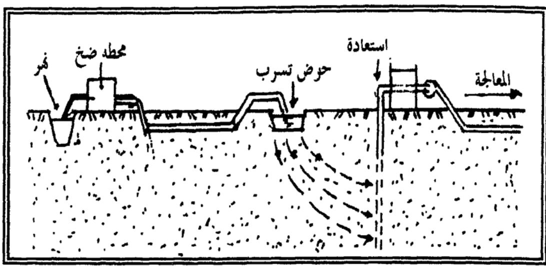
عادة إنسداد قاع النهر ليس مشكلة نظراً لأن التدفقات ستعمل على تنظيف جسور المجري وكسح الرواسب. في حالة النهر المجهز بالسدود تكون نظافة الأجناب بفعل التدفقات غير موجودة أو متقطعة، وبذلك يزداد انسداد مساحات التسرب إلى درجة الخفض الكبير لمعدل التغذية. نظرياً يمكن عمل النظافة اللازمة لإزالة الرواسب. ولكن هذه تشكل صعوبة وغير عملية. في مثل هذه الحالات يكون من المناسب إنشاء حوضين لنشر المياه ويتم تغذيتهما من النهر شكل (1/78). قاع هذه الأحواض يغطي بطبقة من الرمل المتوسط الحجم بسمك حوالي 50 سم عندئذ يكون الانسداد محصور في السنتيمترات العليا للطبقة الرملية هذه والتي يمكن إزالتها بالكشط .



شكل (77 / 1) ضعف التسرب من قاع المجري إلي الخزان الجوفي بسبب وجود ترسيبات وحدوث فقد في الضغط



شكل (78 / 1) أحواض تغذية الخزان الجوفي باستخدام مياه النهر



شكل (79 / 1) مخطط للشحن الصناعي واستعادة المياه

ب- نشر المياه :

الطريقة السابقة تتعلق بتغذية الخزان الجوفي الملاصق لمصدر المياه السطحية، ولكن في بعض الحالات يكون الخزان الجوفي المناسب وجسر المصدر المائي بعيدين عن بعضهما. في هذه الحالة يمكن كذلك عمل التغذية الصناعية وذلك بنقل المياه من المصدر المائي إلى الأماكن حيث التربة مناسبة للتسرب والتدفقات تحت سطح الأرض. وهذا يشكل تعقديات في شكل التغذية ولكنه يفيد في الآتي :

* توقف مأخذ المياه عند تلوث مياه المصدر أو التدني في نوعية المياه.

* يمكن تحقيق عائد اقتصادي عند وجود مخطط إعادة الشحن قريباً من موقع التوزيع.

مخطط التغذية الصناعية بنشر المياه موضح في الشكل(1/79)، وهو يشمل المعالجة المسبقة للمياه قبل الشحن في حوض تسرب ثم المعالجة بعد سحب المياه. المعالجة المسبقة تكون ضرورية لتجنب رسوب الطفلة في المواسير أو حدوث التكاثر للبكتريا والذي يخفض طاقة التحمل للمواسير وكذلك يقلل من انسداد حوض الشحن بما يقلل من معدل التنظيف..

هذا بالإضافة إلى حماية الخزان الجوفي من حدوث التعفن بسبب وجود المواد العضوية التي لا يحدث لها تحلل. يكون من الضروري معالجة المياه التي يتم سحبها في حالة عدم سلامة نوعية المياه كما في حالة اختلاط المياه بأملاح الحديد والمنجنيز المذاب.

يتوقف تصميم مخطط الشحن على ثلاثة عوامل :

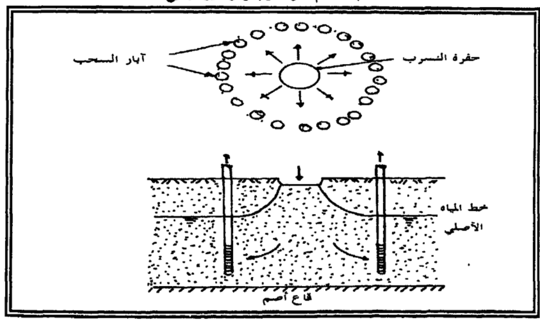
* معدل تسرب المياه في أحواض التسرب. هذا المعدل يكون منخفض بما يتطلب نظافة الحوض بعد فترة طويلة لا تقل عن عدة شهور أو ستة أو أكثر.

* زمن رحلة المياه ومسافة التدفق تحت سطح الأرض.

*أقصى فرق مناسب في المنسوب ما بين المياه المتسربة(في الحوض) وخط المياه الجوفية.

*هذه العوامل مجتمعة تبين أن الشحن الصناعي للخزان الجوفى الضحل وخاصة في التربة ذات التدرج المناسب للحبيبات يتم بإنشاء حوض التسرب كحفرة متصلة برشاح لسحب المياه الجوفية موازي لها شكل (1/80). في حالة الخزانات الجوفية العميقة وخاصة تلك ذات الحبيبات الكبيرة فإن حوض نشر المياه يفضل أن يكون في شكل حوض تحيطة بطارية من آبار السحب شكل(1/81).

شكل (80 / 1) إعادة الشحن للخزانات الجوفية الضحلة
بأستخدام حفر تسرب ومواسير تجميع

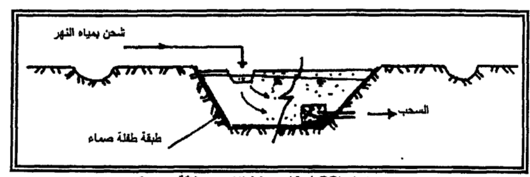


شكل (81 / 1) إعادة شحن خزان جوفي عميق
بأستخدام أحواض تسرب وآبارسحب

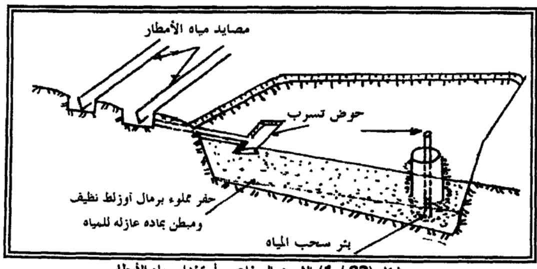
مخططات التغذية التي سبق ذكرها مناسبة للتجمعات الصغيرة وخاصة في الريف. نظراً لمحدودية الاحتياجات من المياه فإنه يلزم الاطمئنان إلى صلاحية هذه المياه للشرب. لخدمة 200 فرد حيث احتياجات الفرد بمتوسط 15 لتر في اليوم فإن الاحتياج اليومي يكون 3 متر مكعب في اليوم. باستخدام التغذية الصناعية يمكن توفير هذه الكمية. لتوفير زمن حجز للمياه تحت الأرض يلزم 60 يوم، بالإضافة إلى أن حجم الخزان الجوفي ذو نسبة الفراغات 40% يكون 450 متر مكعب لخدمة هذا التجمع.

وبفرض أن سمك الطبقة المشبعة 2 متر فإن المساحة السطحية تكون 225 متر (كمثال 7.5 متر عرض × 30 متر طول) وهذه يمكن عمليها بالحفر بعمق 3 متر مبطنة بطبقة من الطمي أو شرائح البلاستيك لتجنب الفقد بالتسرب شكل (1/82).

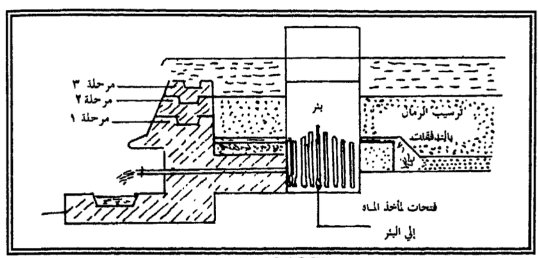
استخدام مياه الأمطار لتغذية الخزان الصناعى موضح في الشكل (1/83).



شكل (82 / 1) مخطط للشحن بطاقة صغيرة



شكل (83 / 1) الشحن الصناعي بأستخدام مياه الأمطار



شكل (84 / 1) مخطط لسد رملي

جـ- السدود الرملية :

السدود الرملية هي خزانات مملوءة بالأحجار والرمال والزلط. تخزن المياه في الفراغات والمسام لطبقة الرمال هذه وهذا يعمل على خفض الفقد بالبخر. لذلك فإن استخدام السدود الرملية مفيد في المناطق حيث المعدل العالي للبخر. يمكن تخزين المياه لمدد طويلة حتى في ظروف الجفاف حيث يمكن الاستفادة بمخزون المياه في هذه السدود الرملية .

يمكن سحب المياه من الخزان الرملي (السد الرملي) بماسورة رشاح وباستخدام بئر محفور في طبقة الرمال قرب السد شكل (1/84) عادة يمكن استخدام المياه بدون أي معالجة، حيث يتم ترشيحها أثناء تدفقها خلال طبقة الرمال.

في المناطق الشبه حارة حيث يكون من المتاح استخدام السدود الرملية حيث تحمل مياه الفيضان الرواسب والزلط والرمال. لذلك عند بناء حائط الخزان (للتخزين) في قاع النهر أثناء فترة الجفاف، فإن مياه الفيضان سوف ترسب الرمال والزلط خلفه في فترة الفيضان. هذا بالإضافة إلى حمل المياه لكميات كبيرة من الطين ولتأكيد أن ما يتم ترسيبه خلف الخزان هو الزلط والرمال فقط، فإنه يتم بناء حائط السد بارتفاع 2 متر فقط يلي ذلك رفع الحائط حيث ترسب الرمال والزلط وتتراكم. الارتفاع للسد على مراحل يمكن الطمي من أن يحمل فوق السد بواسطة تدفقات المياه. بعد 4-5 سنوات فإن السد يمكن ان يصل إلى كامل ارتفاعه (عادة6-12 متر).

السدود الممتلئة بالرمال يمكن استخدامها للتخزين الصناعي حيث يمكن حمل الأجسام الدقيقة العالقة بواسطة تدفقات المياه، وبذا يمكن تجنب الإنسداد الذي تحدثه الطفلة في نظم التغذية أو الشحن الجوفي.

2- تغذية الخزانات الجوفية الساحلية بمياه السيول :

سمك طبقة المياه العذبة في الخزانات الجوفية الساحلية يكون صغيرا كلما قربنا من الشاطئ ويزداد السمك كلما بعدنا عن الشاطئ ويرجع ذلك إلى تسرب مياه البحر المالحة

أسفل الخزان الجوفي للمياه العذبة حيث تكون المياه المالحة الأعلي كثافة أسفل المياه العذبة الأقل كثافة،يزداد سمك طبقة التربة الحاملة للمياه المالحة كلما اقتربنا من الشاطئ وتنخفض بالبعد عن الشاطئ. تتدفق مياه الخزان الجوفي الساحلي عادة إلى البحر.

وفي حالة حصد مياه السيول والأمطار يمكن تغذية الخزان الجوفي وزيادة سمك طبقة التربة الحاملة للمياه العذبة على حساب سمك التربة الحاملة للمياه المالحة. يمكن التغذية باستخدام أحد الطرق السابق ذكرها ومن بينها بناء سد على مجاري السيول التي تتجه نحو البحر حيث يعاد شحن الخزان الجوفي ويتوقف أو ينخفض تسرب المياه المالحة أسفل الخزان الجوفي العذب.

بالإضافة إلى الطرق السابق ذكرها لحصد مياه الخزان الجوفي الساحلي ومنها الحفر الرومانية ذات العمق الذي يقل قليلاً عن منسوب خط المياه الجوفية فإنه يمكن استخدام آبار المواسير في سحب المياه من الخزان الجوي العذب مع تفادي التداخل مع المياه المالحة عند الضخ. يتم ذلك بقياس المسافة بين منسوب سطح البحر وخط المياه الجوفية. ثم يتم تصميم البئر لسحب المياه العذبة من عمق لا يزيد عن 40 ضعف هذه المسافة.

8. توفير مياه الشرب النقية للتجمعات السكانية الصغيرة في السواحل البحرية :

يمكن توفير مياه الشرب النقية للتجمعات الصغيرة المنعزلة على السواحل البحرية بطريقتين وهي استغلال الخزان الجوفي الساحلي وتحليه المياه المالحة بالطاقة الشمسية.

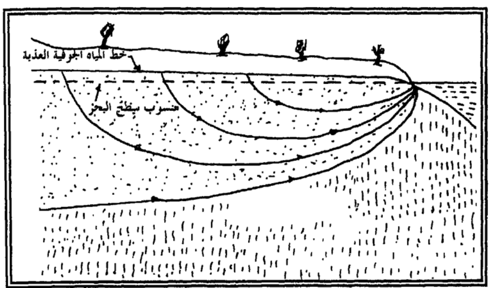
أ- استغلال الخزان الجوفي الساحلي :

توجد المياه العذبة ككتلة طافية فوق مياه البحر في الخزان الجوفي الساحلي يمتد عمق كتلة المياه العذبة إلى 40 ضعف المسافة ما بين خط المياه للخزان الجوفي (المياه العذبة) ومنسوب سطح البحر، يتدرج سمك كتلة المياه العذبة في اتجاه البحر حيث تزداد كتلة المياه العذبة كلما بعدنا على الشاطئ يمكن سحب المياه العذبة بواسطة آبار المواسير أو آبار الحفر (الأبار الرومانية مع مراعاة عدم السحب الجائر حتى يتم المحافظة على منسوب المياه العذبة وعدم ارتفاع منسوب المياه المالحة على حساب سمك طبقة المياه العذبة كل(85- أ/1).

ب- التحلية باستخدام الطاقة الشمسية :

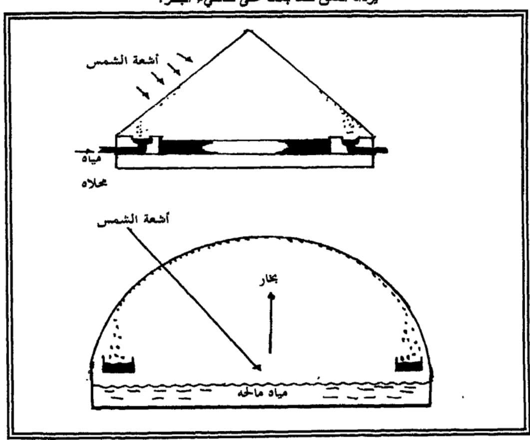
يعتبر استخدام الطاقة الشمسية في تحلية (إعذاب) المياه المالحة هام من الناحية الاقتصادية، فالطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض تقدر بـــ 1000 وحدة حرارية في اليوم على القدم المربع ونتيجة الفقد بواسطة العوامل الجوية فإن متوسط الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض تم تقديرها لتكون من 100 إلي 2500 وحدة حرارية/القدم المربع في اليوم.

لذلك فإن الاستفادة بالطاقة الشمسية يعتبر اقتصادي حيثما تكون كثافة ضوء الشمس عالية. على مستوى الإنتاج الصغير تتطلب تحلية المياه المالحة معدات بسيطة ولكن على المستوى الكبير يواجه بعض الصعوبات الفنية.



شكل (85 أ / 1)

إستغلال الخزان الجوفي الساحلي لسحب المياه العذبة بآبار المواسير أوآبار الحفر (الحفر الرومانية) على عمق 40 ضعف المسافة بين خط المياه الجوفية العذبة ومنسوب سطح البحر حيث يزداد العمق كلما بعدنا على شاطيء البحر.



شكل (85 /ب-1)

التحلية بأستخدام الطاقة الشمسية حيث يمكن تحلية رطل من المياه لكل قدم مربع من سطح جهاز التحلية

نموذج لجهاز التحلية المنزلي في الشكل (85-أ) إنتاج رطل من المياه العذبة النقية في اليوم لكل قدم مربع من سطح الحوض. في هذا الجهاز تمتص أشعة الشمس على القاع الأسود للحوض الضحل الذي يحتوي على المياه المالحة. ترتفع أبخرة المياه لتتكثف على السطح الزجاجي أو من البلاستيك الشفاف الذي يميل بما يسبب تدفق المياه المكثفة على السطح الداخلي للزجاج (أو البلاستيك الشفاف). والذي يكون إما في شكل هرمي أو في شكل نصف كروي. تسقط المياه المكثفة في حوض التجميع. نظراً لأن سطح التكثيف يعلو أحواض التجميع فإنه يجب أن يكون شفاف ليسمح بمرور أشعة الشمس إلى القاع المغطي بطبقة سوداء التي تمتص أشعة الشمس وتحتفظ بها، ولكن بعض أشعة الشمس يفقد بواسطة سطح التكثيف.

9- رفع (ضخ) المياه :

لقد تزامن تطوير تكنولوجيا ضخ المياه بالتوازي مع الطاقة المتاحة في هذا الوقت. حالياً الإمكانيات الحديثة مثل طلمبات الطرد المركزي التي وصلت إلى درجات عالية من التطوير وهي واسعة الانتشار، وخاصة في الدول النامية وذلك مع توفر مصادر الطاقة مثل المحركات التي تعمل بالديزل أو بالطاقة الكهربية.

في المجتمعات الصغيرة في الدول النامية تستخدم الطاقة البشرية والحيوانية لرفع المياه وخاصة في المناطق الريفية. في بعض الحالات تستخدم طاقة الرياح والطاقة الشمسية. لذلك فإن استخدام المحركات الكهربائية أو التي تعمل بوقود الديزل لا تستخدم سوي في حالة توفير مصادر هذه الطاقة وتأمينها بالإضافة إلى عمليات الصيانة اللازمة وتوفير قطع الغيار.

مصادر الطاقة لرفع المياه:

أ- الطاقة البشرية :

استخدام طلمبات الرفع اليدوي (بما فيه الرفع باستخدام القدم) هي تجهيزه تعمل بالقوة البشرية .

استخدام الرفع اليدوي غير مكلف بالإضافة إلى أن طاقة الرفع اليدوية كافية لتوفير احتياجات تجمع صغير من المياه .

الطاقة اللازمة للضخ بواسطة فرد صحيح لمدة 8 ساعات يوميا يقدر بحوالي 60-75 وات (0.08 -0.1 حصان).

تستخدم الطاقة الحيوانية عادة لرفع المياه من الأبار المكشوفة لأغراض الري.

ب- طاقة الرياح :

تكون طاقة الرياح اقتصادية في رفع المياه في حالات :

*أن سرعة الرياح لا تقل عن 2.5-3 متر في الثانية خلال 60% من الوقت على الأقل .

*إمكان ضخ المياه باستمرار بدون انخفاض كبير في خط المياه .

* توفير التخزين لمدة 3 أيام على الأقل لتلبية الاحتياجات في التوقيتات التي لا توجد فيها رياح .

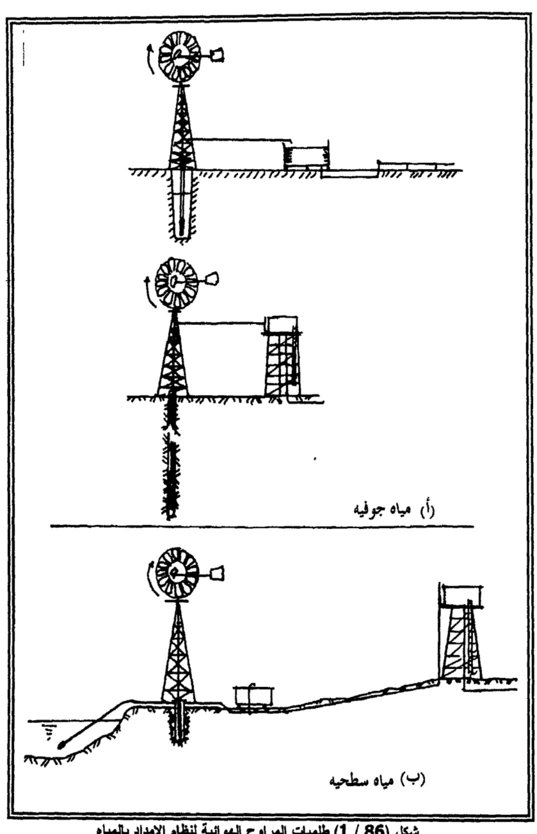
*تأمين وصول الرياح نقية إلى محطة طاقة الرياح أي وضع المحطة أعلا من الإنشاءات المحيطة مثل المباني والإنشاءات لمسافة 125 متر. يفضل وضع محطة الرياح فوق برج بارتفاع 4.5-6 متر .

*توفر معدات وقطع الغيار ومهمات الإصلاح والصيانة مع تغطية أجزاء نقل الحركة مع توفير مواد التشحيم وكل المكونات يتم حمايتها من العوامل الجوية.

أكثر أنواع الطلمبات التي تدفع بالرياح هي العجلة بطيئة الحركة الهوائية والتي تعمل لتشغيل طلمبة كباس حيث تجهز الطلمبة بعامود متصل بعامود الإدارة للماكينة الهوائية. يمكن عمل الضخ اليدوى أثناء فترات هدوء الرياح بإضافة تجهيزات لذلك.

يتراوح قطر العجلة الهوائية ما بين 2-6 متر، ولكن معدات الماكينة نفسها يمكن حملها. يمكن إقامة أبراج قوية من المواد المحلية.

طواحين الهواء الحديثة مصممة لتأكيد التحرك نحو الرياح عند الضخ . كما أنها مجهزة بنظام فصل عند اشتداد سرعة الرياح لأكثر من 13- 15 متر في الثانية والتي يمكن أن تتلف المحطة الهوائية. المراوح. مصممة (الريش) لمنع الدوران السريع للعجلة أثناء شدة الرياح. لا تبدأ المحطة الهوائية في الضخ حتى تصل سرعة الرياح إلى 2.5 -3 متر في الثانية شكل (1/86) يوضح عدة طرق لضخ المياه بالماكينة الهوائية .



شكل (86 / 1) طلمبات المراوح الهوائية لنظام الامداد بالمياه

جـ- المحركات الكهربائية :

المحركات الكهربية تحتاج إلى صيانة أقل ويعتمد عليها أكثر من محركات الديزل. ولذلك فإنها تكون مفضلة لتضخ المياه في حالة توفير المصدر الكهربي. يجب مراعاة قدرة المحرك مقارنة بطاقة الضخ لتجنب تلف المحرك الكهربي. كما يجب معرفة خواص المحرك وجهد التيار الكهربي .

د- المحركات التي تعمل بالديزل :

تمتاز محركات الديزل بأنها تعمل في أى مكان، حيث تتطلب فقط توفير زيت الديزل ومواد التشحيم وهذه المحركات يمكن استخدامها في تشغيل الطلمبات التي تضخ المياه العكرة . وهي يمكنها تشغيل طلمبات الطرد المركزي وكذلك الطلمبات الترددية. يمكن توصيل المحرك بالطلمبة بمجموعة تروس. يعمل محرك الديزل بضغط الهواء لدرجة حرارة عالية في غرفة الحريق. نتيجة الضغط العالي فإن درجة حرارة الهواء تزيد عن 1000°م. عند ضخ زيت الوقود خلال رشاشات إلى الغرف، فإن المخلوط من الهواء المضغوط والوقود يحترق في الحال. بفضل اختيار طلمبة تزيد في طاقتها بنسبة 25% عن طاقة التشغيل لضخ المياه.

هـ- أنواع الطلمبات :

الاستخدام الرئيسي للطلمبات لإمداد المياه للتجمعات السكانية الصغيرة هو :

* ضخ المياه من الآبار .
*ضخ المياه من مأخذ المياه على المصادر السطحية .
*ضخ المياه إلى أحواض التخزين وشبكة التوزيع في حالة وجودها.

يمكن تقسيم الطلمبات إلى :

طلمبات ترددية والتي تعمل بكباس يتحرك إلى أعلى وإلي أسفل في أسطوانة مقفلة للإزاحة الموجبة للمياه. في المشوار لأعلي يقوم الكباس بدفع المياه إلى الخارج خلال محبس الخروج، وفي نفس الوقت تسحب المياه إلى الاسطوانة خلال محبس الدخول. المشوار لأسفل يعيد الكباس إلى وضعه الاصلي حيث تبدأ دورة تشغيل ثانية.

الطلمبة موجبة الإزاحة (الدوارة)
طلمبة التدفق المحوري.
طلمبة الطرد المركزي .
طلمبة الرفع بالهواء .

يوضح الشكل (1/87) استخدام الطلمبات في التطبيقات المختلفة الجدول (8) يوضح خصائص مختلف أنواع الطلمبات.

جدول (8) المعلومات عن أنواع الطلمبات

نوع الطلمبة	عمق السحب بالمتر	الخصائص والتطبيقات
1	2	3
1- ترددية الكباس أ- السحب من الآبار الضحلة	حتى 7 متر	سرعة تشغيل بطيئة، تعمل يدويا أو بالرياح أو بالمحرك الكفاءة منخفضة (25-60%) الطاقة من 10 -50 في الدقيقة مناسبة للضخ.
ب- الرفع من الآبار العميقة		مناسبة للضخ لمختلف الارتفاعات وتحتاج إلى الحرص في صيانتها.
2- الدوارة (موجبة الإزاحة)		بطئ سرعة التشغيل تعمل يدويا أو بالرياح أو بالحيوانات
أ- طلمبة السلاسل والوعاء	حتى 10 متر	الطاقة حتى 5-30 لتر في الدقيقة. التصرف ثابت مع مختلف الارتفاعات
ب- طلمبة حلزونية	25-150 متر عادة مغمورة	باستخدام مجموعة تروس الاستخدام اليدوي أو الرياح أو بمحرك، كفاءة جيدة مناسبة للطاقة المنخفضة الضخ مع الرفع العالي
3-التدفق المحوري	5-10 متر	طاقة عالية ــ رفع منخفض للضخ ــ يمكن ضخ مياه محتويه على رمال أو طفلة (مياه عكرية).
4-الطرد المركزي		سرعة تشغيل عالية، تصرف منتظم، الكفاءة ما بين 50-85% حسب سرعة التشغيل والرفع الرأسي.
أ-ذات المرحلة الواحدة	20-35متر	تحتاج إلى مهارة في الصيانة لا تناسب التشغيل اليدوي
ب-ذات المراحل	25-50متر	كما في حالة المرحلة الواحدة، يمكن

الخصائص والتطبيقات	عمق السحب بالمتر	نوع الطلمبة
وضع المحرك فوق سطح الأرض مع مراعاة الاستقامة والصيانة لعامود التشغيل وتزييته والطاقة من 25 -10000 لتر في الدقيقة.		(تعمل بعامود إدارة)
كما في حالة متعددة المراحل التي تعمل بعامود الإدارة. تشغيل هادئ، يصعب صيانتها. إصلاح المحرك أو الطلمبة يحتاج لرفع الوحدة من البئر. ذات مجال واسع للاستخدام بالنسبة لطاقة التصرف وكذلك للرفع . معرضة للتلف السريع عند ضخ المياه المحتوية على الرمال.	30-120متر	ج-ذات المراحل المغمورة
طاقة عالية للضخ والرفع المنخفض، كفاءة منخفضة جداً خاصة عند الرفع العالي،لا توجد أجزاء متحركة في البئر، استقامة حدود البئر ليست ذات أهمية.	15-50 متر	**5-الطلمبة الهوائية (أي الرفع بالهواء)**

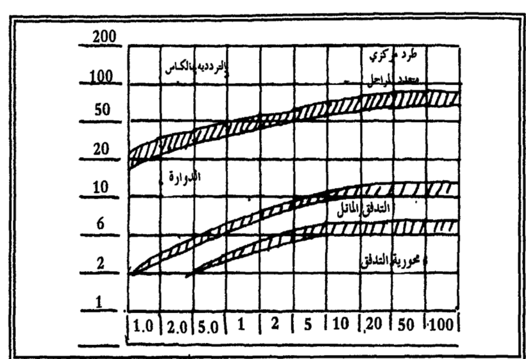
(1) الطلمبات الترددية :

يستخدم هذا النوع من الطلمبات للإمداد بكميات صغيرة من المياه توجد منها أنواع وهي :

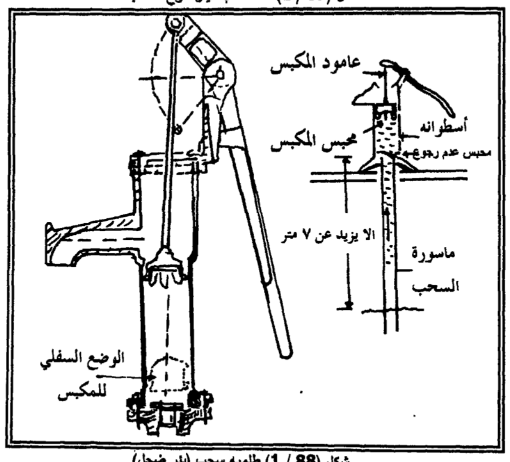
* الماصة الكابسة
* ذات الرفع الحر
* ذات الأداء الفردي، ذات الأداء المزدوج .

(2) الطلمبات الماصة (الآبار الضحلة)

في الطلمبات الماصة، يوضع الكباس وأسطوانة الكباس فوق منسوب سطح الماء مع رأس الطلمبة نفسها شكل (1/88).



شكل (87 / 1) مخطط الإختيار لنوع الطلمبة

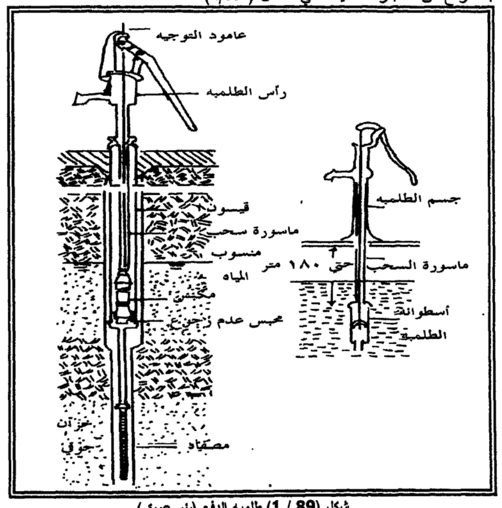


شكل (88 / 1) طلمبه سحب (بئر ضحل)

تعتمد الطلمبة الماصة على الضغط الجوي الذي يدفع المياه لأعلي إلى الأسطوانة. هذا النوع لا يرفع المياه من المصدر. حيث أن الطلمبة تعمل على خفض الضغط الجوي على الماء في ماسورة السحب، والضغط الجوي للماء خارج ماسورة السحب يدفع الماء لأعلى. نظراً لاعتمادها على الضغط الجوي، فإن الطلمبة الماصة تعمل في حالات محددة وهي حيث يكون خط المياه على بعد لا يزيد عن 7 متر من محبس المص أثناء الضخ. نظرياً فإن الضغط الجوي يعمل على سحب المياه على عمق حتى 10 متر ولكن من الناحية العملية فإن حدود المص هي 7 متر.

(3) طلمبات الرفع (البئر العميق)

يقصد بالبئر العميق أو الضحل بالنسبة لاختيار الطلمبة يعنى المسافة من سطح المياه في البئر وليس إلى عمق البئر حتى القاع أو طول قيسون البئر. في طلمبات الرفع العميق يكون الكباس وأسطوانة الكباس تحت منسوب سطح الماء في البئر. هذه الطلمبة يمكنها رفع المياه من آبار حتى 180 متر عمق أو أكثر. القوة اللازمة للضخ تزداد بزيادة العمق لسطح المياه. والمشكلة المصاحبة لوصول الأسطوانة في عمق البئر هى لأعمال الإصلاح والصيانة ولذا فإن تصميم الطلمبات للآبار العميقة أكثر تعقيداً عن طلمبات المص. مثال لطلمبة الرفع من الآبار العميقة في الشكل (1/89).



شكل (89 / 1) طلمبه الدفع (بئر عميق)

الخاصية الرئيسية لكل طلمبات الرفع هو وضع القيسون والمصفاه مغمورين في الماء وذلك لتأكيد التحضير لطلمبة .

(4) الطلمبات الماصة الكابسة (Force Pumps) :

تصمم الطلمبات الماصة الكابسة لضخ المياه من المصدر ثم رفعها إلى منسوب أعلى أو ضد ضغط. كل شبكات المياه التي تعمل بالضغط تستخدم طلمبات المص والكبس (طلمبات السحب والضغط). هذه الطلمبات مغلقة بما يمكن من ضغط المياه ضد المقاومة أو الضغط. تستخدم طلمبات المص والكبس في الآبار الضحلة والعميقة شكل (1/90).

الشكل (90 أ) يوضح طلمبة ماصة كابسة التي تعمل في الآبار الضحلة. مبدأ عمل هذه الطلمبة هو نفسه الخاصة بالطلمبة ذات المكبس الترددي التي تم توضيحها عدا أنها مغلقة عند أعلاها لذلك يمكن استخدامها لدفع المياه إلى مستويات أعلا من الطلمبة.

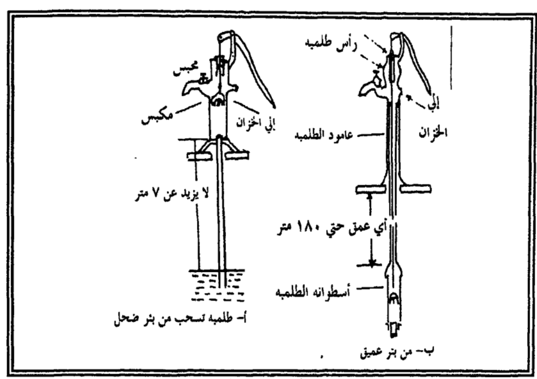
لذلك فإنه يتم توصيل فتحة خروج المياه إما بوصلة خاصة أو خرطوم أو ماسورة. هذه الطلمبات يكون لها عادة غرفة هواء لتنظيم خروج التدفقات. في حالة المشوار العلوى للمكبس فإن الهواء في غرفة الهواء بنضغط وفي حالة المشوار السفلي فإن الهواء يتمدد للمحافظة على استمرار تدفق المياه عند المشوار السفلي للمكبس .

أنبوبة حجز الهواء تعمل على حجز الهواء في الغرفة، ومنعه من التسرب حول عامود المكبس. نظام عمل الطلمبة الماصة الكابسة في البئر العميق موضح في الشكل (90- ب) هو نفسه. الاختلاف الرئيسي هو في وضع المصفاه وطول المكبس إلى أسفل نحو منسوب خط المياه الجوفية. حيث يمكن رفع المياه من أعماق تزيد عن 7 متر.

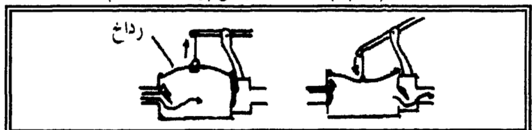
(5) طلمبة الرداخ :

هي طلمبة موجبة الإزاحة. الجزء الرئيسي في الطلمبة هو الرداخ، وهو قرص مرن معدني أو من المطاط. يجهز الدخول والخروج بمحبس عدم رجوع شكل (91). طرف الرداخ مثبت في النهاية العلوية لغرفة الماء. ولكن وسط الرداخ مرن. يثبت قضيب في المنتصف ليحركه إلى أعلى وإلي أسفل. مع رفع الرداخ تسحب المياه إلى المداخل خلال محبس الدخول، وعند دفعه إلى أسفل فإن المياه تنضغط إلى الخارج خلال محبس الخروج. سرعة الضغط هي حوالي 50 – 70 مشوار في الدقيقة. هذه الطلمبات ذات تحضير ذاتي .

مبدأ عمل مضخة الرداخ يستخدم في تصميمات الطلمبات اليدوية الحديثة. يتم اختبار ميداني لهذه الطلمبات للاستخدام في إمدادات المياه للمجتمعات الصغيرة.



شكل (90 / 1) طلمبة السحب والدفع (Force Pump)

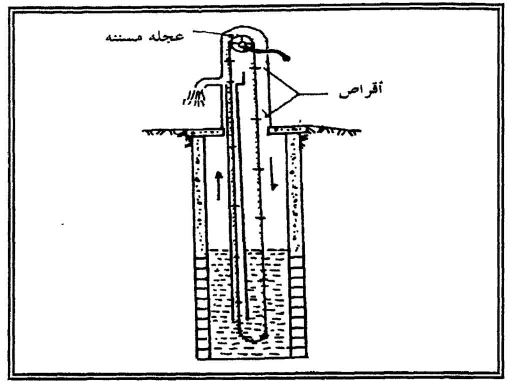


شكل (91 / 1) طلمبه الرداخ

(6) مضخة السلسلة :

في مضخة السلسلة تثبت أقراص من مادة مناسبة (المطاط مثلا) في سلسلة تدور على قرص مسنن. تدفع هذه الأقراص خلال ماسورة للرفع الميكانيكي للمياه حتى مخرج المياه. هذا النوع من المضخات يمكن استخدامه فقط في آبار الحفر اليدوي الضحلة شكل (1/92).

ماسورة السلسلة الصغيرة باستخدام ما سورة بقطر 20 مليمتر يمكنها رفع المياه بمعدل 5 – 15 لتر في الدقيقة وذلك حسب سرعة دوران عجلة التشغيل. يستخدم هذا النوع من الطلمبات لأغراض الري حيث التشغيل (التدوير) بواسطة الحيوانات في بعض البلدان الأسيوية .

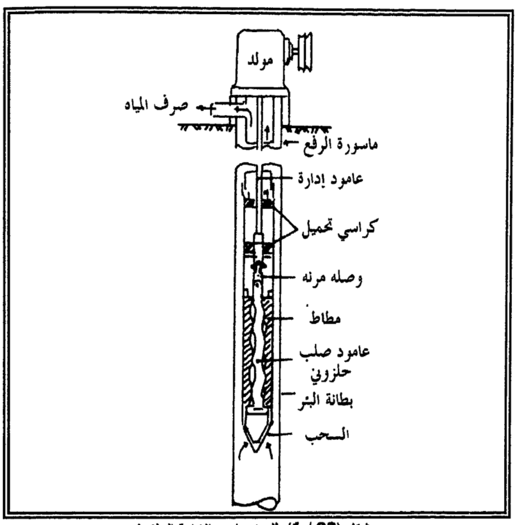


شكل (92 / 1) طلمبه السلاسل

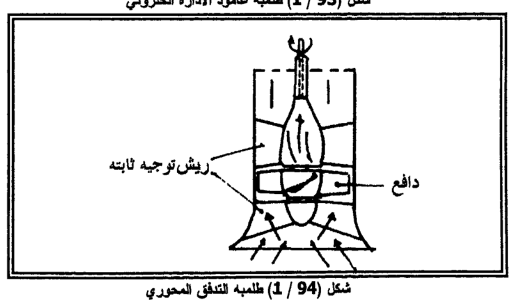
طلمبة عامود الإدارة الحلزوني :

طلمبة عامود الإدارة الحلزوني تتكون من عامود إدارة حلزوني مسنن يدور بداخل قميص حلزوني له سنون مزدوجة غير متحرك (من المطاط). الأسطح الحلزونونية تدفع المياه إلى أعلا حيث توفر التدفق المنتظم. تدفق المياه يتناسب مع سرعة الدوران، ويمكن تغييرها ببساطة بتغيير البكرة. نظراً لأن العامود الحلزوني والقميص المطاط يوفر التصاق جيد فإنه لا تكون هناك حاجة إلى المحابس. طلمبات العامود الحلزوني متوفرة بقطر 4 بوصة (100 ملميتر) أو أكثر. رغم ارتفاع سعرها فإن هذه الطلمبة أثبتت كفاءة في الآبار العميقة في كثير من بلدان أسيا وأفريقيا وهي تعرف باسم طلمبة "مونو" نسبة إلى صانعها الإنجليزي شكل(1/93).

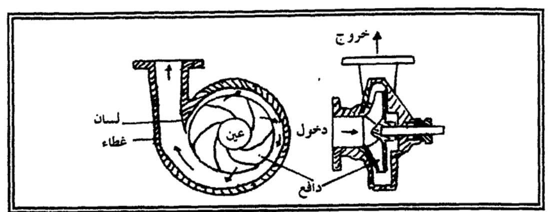
نظام التدوير للطلمبة الحلزونية إما يدويا أو باستخدام محرك كهربي أو محرك ديزل. يمكن توفير رءوس تشغيل مختلفة. في حالة توفير مساحة مناسبة يمكن استخدام الرأس القياسية ذات السير حرف V كما يمكن تجهيز الرأس بتروس في حالة استخدام الطاقة الكهربية أو قود الديزل.



شكل (93 / 1) طلمبه عامود الادارة الحلزوني



شكل (94 / 1) طلمبه التدفق المحوري



شكل (95 / 1) طلمبه طرد مركزي ذات الدافع والغطاء

(7) طلمبات التدفق المحوري :

في طلمبات التدفق المحوري تكون الريش المحورية التي تدور مثبتة على دافع أو عجلة تدور في غلاف ثابت الشكل (1/94). تقوم الطلمبة برفع المياه ميكانيكا بواسطة دوران الدافع. الريش الثابتة لتوجيه التدفق توفر التدفق للمياه بدون أن تدور عند دخولها أو تركها للدافع.

طلمبة الطرد المركزي: المكونات الأساسية لطلمبة الطرد المركزية هو الدافع والغطاء شكل (1/95). الدافع عجلة لها ريش تشع من المركز إلى المحيط. عند الدوران بسرعة عاليه كافية فإن الدافع يوفر طاقة حركية للمياه وينتج عن ذلك تدفق إلى الخارج بسبب قوي الطرد المركزي .

يكون شكل الغطاء بما يحول الطاقة الحركية للمياه عند تركها للدافع إلي ضغط مفيد. هذا الضغط يدفع المياه إلى ماسورة المخرج. المياه التي تخرج من عين الدافع تعمل على وجود تفريغ في الضغط (امتصاص) والذي يعمل على سحب المياه من المصدر ودفعه إلى الغطاء تحت ضغط استاتيكي.

كلاً من الدافع والغطاء حول الدافع يسمي مرحلة. في حالة ضغط الماء المطلوب في طلمبة الطرد المركزي يزيد عن إنتاج مرحلة واحدة، عندئذٍ يمكن استخدام عدة مراحل على التوالي (الطلمبة ذات عدة مراحل). الدوافع موصلة بعامود إدارة واحد ولذلك تدور بنفس السرعة. المياه تمر خلال المراحل المتتالية مع زيادة الضغط في كل مرحلة. تستخدم طلمبات الطرد المركزي متعددة المراحل للحصول على ضغط ضخ عالي .

سرعة دوران طلمبة الطرد المركزي لها تأثير كبير على كفاءتها. حيث تتحسن كفاءة الضخ مع زيادة سرعة الدوران. ولكن السرعة العالية قد تؤدي إلى زيادة تكاليف الصيانة. ولذلك يتم الموائمة بين التكاليف الأولية وتكاليف الصيانة. يلزم الدراسة الجيدة لخصائص الطلمبات قبل الاختيار النهائي.

في طلمبات الطرد المركزي تكون الزاوية بين اتجاه دخول المياه واتجاه خروجها 90°درجة إما في حالة طلمبات التدفق المحوري فإن تدفق المياه خلال

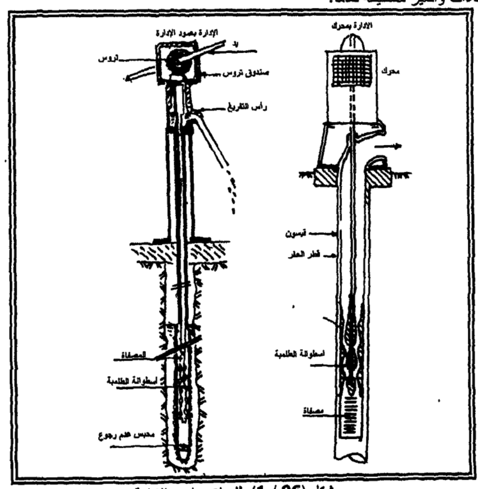
الطلمبة يكون في نفس الاتجاه بدون أي انحراف. مصطلح طلمبة التدفق المختلط يستخدم لطلمبات الطرد المركزي حيث التغير في الزاوية يكون ما بين صفر،90°، ويمكن أن تكون ذات مرحلة واحدة أو من عدة مراحل .

و- نظام تشغيل الطلمبات :

نظام التشغيل لطلمبات ضخ المياه من الآبار العميقة يكون إما بواسطة عامود تشغيل أو باستخدام محرك غاطس متصل بالطلمبة.

(1) عامود التشغيل :

في هذا النظام يكون عامود الإدارة أو المحرك مثبت فوق سطح الأرض حيث يعمل على تشغيل الطلمبة باستخدام عامود تشغيل أو عامود دوران شكل (1/96). عامود التشغيل الطويل يحتاج إلى التحميل على مراحل منتظمة على طول استقامته مع توفر وصلات مرنة لتجنب حدوث إجهادات بسبب عدم الاستقامة. مميزات عامود التشغيل هو أن مجموعة التشغيل يمكن أن تكون فوق سطح الأرض أو في (حفرة جافة) بما يمكن من عمليات صيانتها إصلاحها. الاستقامة الدقيقة لعامود التشغيل أساسية وضرورية. نظام عامود التشغيل لا يناسب آبار المياه ذات الانحناءات والغير مستقيمة تماماً.



شكل (96 / 1) طلمبات عامود الادارة

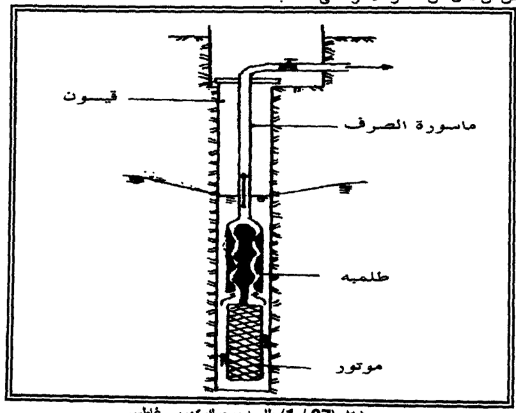
المحرك الكهربي المتصل بالطلمبة الغاطسه :

نظام التشغيل لهذه الطلمبة حيث تكون طلمبة الطرد المركزي متصلة مباشرة بالمحرك الكهربي في غرفة واحدة، حيث يكون كلا من الطلمبة والمحرك وحدة واحدة. تركب هذه الوحدة للعمليات الغاطسة لضخ الماء شكل (1/97). وحدة الطلمبة والمحرك والتي يقال عنها عادة الطلمبة الغاطسة يتم إنزالها داخل قيسون البئر ووضعها على مسافة مناسبة أسفل أدني منسوب انخفاض للمياه في البئر .

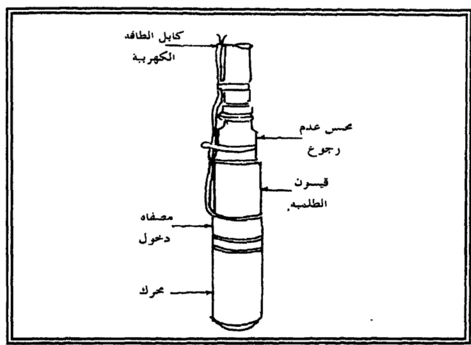
الطلمبات الغاطسة تكون عادة محكمة وتناسب آبار المواسير حيث يكون القطر الخارجي أقل من القطر الداخلي للقيسون (بحوالي 1 – 2 بوصة)، وهذا يتطلب الحرص الشديد أثناء التركيب أو سحب هذه الطلمبات. يتم الاتصال الكهربي ما بين المحرك وغرفة صندوق الإدارة. ومفتاح التشغيل والتوقف ومصدر الطاقة بواسطة كابل كهربي معزول ولا يسمح بنفاذ المياه. التحكم الكهربي يلزم توصيله أرضي بطريقة مناسبة لخفض مخاطر تلف المحرك الشكل (1/98) يوضح الطلمبة الغاطسة.

الوحدة الغاطسة من المحرك والطلمبة تحمل عادة بواسطة ماسورة السحب والتي تدفع المياه إلى خط المياه أو إلى خزان المياه.

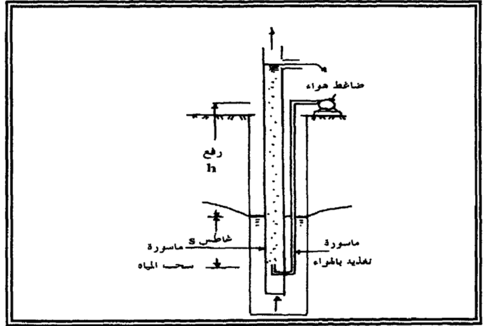
عند وجود رمال أو احتمال وجودها في المياه فإنه يلزم عمل الاحتياطات اللازمة لتجنب احتكاك الرمال أثناء الضخ وذلك قبل استخدام هذه الطلمبة حيث ان هذه الرمال يمكن أن تقلل من العمر الافتراضى للطلمبة.



شكل (97 / 1) طلمبه بمحرك كهربي غاطس



شكل (98 / 1) طلمبه غاطسة



شكل (99 / 1) طلمبه الدفع بالهواء

(3) طلمبات الرفع الهوائي :

طلمبات الرفع الهوائي ترفع المياه بضخ فقاعات صغيرة منتظمة التوزيع من الهواء المضغوط عند نهاية ماسورة الصرف المثبتة في البئر. يتطلب ذلك ضاغط هواء. الخليط من الهواء والماء لكونه أخف من المياه خارج ماسورة الرفع (الصرف) فإن مخلوط الماء والهواء يدفع إلى أعلى بواسطة الضغط الهيدروستاتيكي شكل (1/99).

ضخ الرفع (h) الذى يمكن لمضخة الهواء رفعه، مرتبط بالغمر (S) لماسورة الصرف. الرفع العالي يتطلب غمر كبير إلى عمق أسفل خط الانخفاض للمياه في البئر. ونقطة حقن الهواء المضغوط تكون كذلك عند هذا العمق، وهذا يتطلب ضغط هواء عالي وكافي. أهم سلبيات طلمبات الرفع بالهواء هي انخفاض الكفاءة الميكانيكية في استخدام الطاقة المتاحة لرفع الماء .

كفاءة طلمبة الرفع بالهواء نفسها هو من 25-40% بالإضافة إلى الفقد في الطاقة في ضاغط الهواء حيث لا يزيد إجمالي الكفاءة للطاقة الكلية المستخدمة عن 15-30%.

ولكن طلبمات الرفع بالهواء لها مميزات هامة هي أنها تتصف بسهولة التشغيل ولا تتأثر بالرمال أو المواد العالقة في حالة وجودها في الماء كما يمكن استخدام عدد من مضخات رفع المياه بالهواء مقامة في آبار متجاورة باستخدام ضاغط هواء واحد. يمكن رفع المياه بالهواء المضغوط من الآبار من عمق حتى 120 متر، بمعدل مناسب. لهذا تستخدم طلمبات رفع المياه بالهواء عندما تزيد المزايا عن سلبيات استهلاك الطاقة نتيجة الكفاءة الميكانيكية المنخفضة ولذلك فإن استخدامها يكون مناسب في المياه المحتوية على الرمال أو لرفع المياه الحامضية.

(4) المكبس الهيدروليكي : أشكال (100-أ) (100-ب)

المكبس الهيدروليكي لا يحتاج إلى مصدر طاقة خارجي، يستخدم المكبس الطاقة الموجودة في تدفقات المياه خلاله، لضخ حجم صغير من هذا الماء إلى منسوب أعلى. الظاهرة المتعلقة بهذا الموضوع هي الضغط المضطرب الناتج عن التوقف المفاجئ لحركة كتلة الماء. يلزم توفر إمداد ثابت ويعتمد عليه مع السقوط الكافي لتشغيل المكبس الهيدروليكي. الظروف المناسبة تكون غالباً في المناطق الجبلية والمرتفعة. المكبس الهيدروليكي لا يناسب ضخ المياه من الأبار.

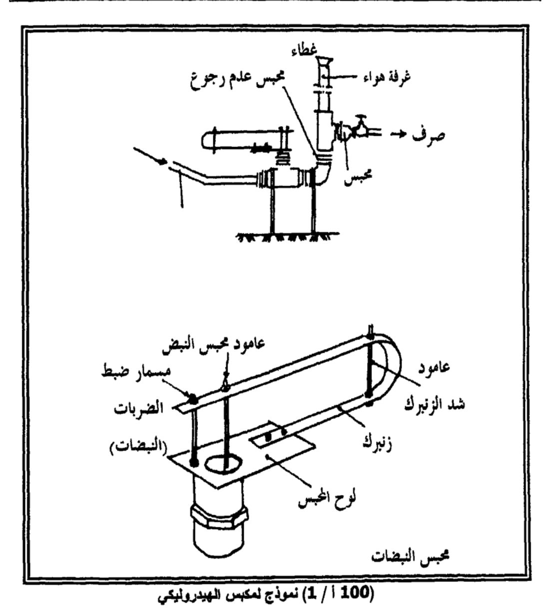
يعمل المكبس على تدفق المياه المارة من المصدر إلى أسفل خلال ماسورة التشغيل إلى غرفة الطلمبة. المياه تتسرب خلال محبس النبض (محبس الصرف) المفتوح. عندما يكون تدفق المياه خلال محبس النبض بالسرعة الكافية فإن الضغط العلوي على الحبس سيزيد من الشد على زمبرك ضبط المحبس والقفل المفاجئ لمحبس النبض.

نقط إرشادية عند اختيار طلمبة الرفع بالهواء

الرفع بالمتر	الغمر بالمتر	معدل التدفق الهوائي إلى الماء مجم / مجم	ضغط الهواء المطلوب بالمتر ماء
10	12	3.0	20
20	20	4.7	30
30	25	6.2	40
40	28	7.9	45
60	40	9.6	65
80	49	11.6	85
100	58	13.3	105
120	71	14.8	125

نقط ارشادية لطاقة الضخ

طاقة الضخ لتر/ ثانية	قطر ماسورة التصريف بالمليمتر/بوصة	قطر ماسورة الهواء بالمليمتر	قوة ضاغط الهواء بالحصان
2.5	(3)75	(25)1	1.5
5.0	(4)100	(40)'1.5	2.5
7.5	(4')100	(40)1.5	4
10.0	(5')125	(50)2'	5
15.0	(6)150	(50)2	7.5
20.0	('6)150	(60)2.5	10
40.0	(8')200	(75)3	20



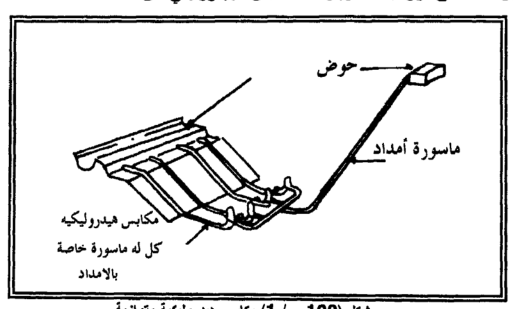
(100 أ / 1) نموذج لمكبس الهيدروليكي

كتلة الماء المتحركة التي تتوقف حيث العزم ينتج ضغط مضطرب على طول ماسورة التشغيل. يسبب اضطرابات الضغط فإن المياه تدفع خلال محبس عدم الرجوع (الصرف) إلى ماسورة الصرف. تستمر المياه في المرور عبر محبس عدم الرجوع حتى استنفاذ الطاقة لضغط الاضطراب في ماسورة التشغيل.

غرفة الهواء تعمل على سيولة تدفقات المياه، حيث يمتص جزء من ضغط الاضطرب والذي يتحرر بعد موجة الضغط الأوليه. عند الاستنفاذ الكامل لاضطراب الضغط، ينتج عن ذلك مص بسيط نتيجة عزم تدفق المياه، جنباً إلى جنب مع وزن الماء في ماسورة الدخول بما يعمل على قفل محبس عدم الرجوع كما يمنع المياه من العودة إلى الخلف إلى غرفة الطلمبة. زمبرك الضغط يفتح الأن محبس النبض، وتبدأ المياه بالهروب خلاله، وتبدأ دورة تشغيل جديدة.

بمجرد ضبط محبس النبض، فإن المكبس الهيدروليكي لا يحتاج إلى أي اهتمام على شرط استمرار تدفق المياه من مصدر الإمداد وبمعدل مناسب، وألا توجد مواد غريبة لتعمل على انسداد المحبس عند دخولها إلى الطلمبة.

يتم توفير محبس هواء ليسمح لكمية من الهواء بالتسرب في غرفة الهواء لتظل مشحونة. المياه تحت الضغط ستمتص الهواء وبدون محبس هواء مناسب فإن غرفة الهواء ستمتلئ فورا بالماء ويتوقف المكبس الهيدروليكي عن الأداء .



شكل (100 ب / 1) مكابس هيدروليكية متوازية

مميزات المكبس الهيدروليكي هي :

لا توجد حاجة لمصادر الطاقة، ولا توجد تكاليف تشغيل. سهل التنفيذ بالمواد المحلية مع استخدام معدات ورشة بسيطة . يوجد بها جزئين متحركين فقط .

توفر كمية صغيرة من امدادات المياه مع السقوط الكثير سيمكن للمكبس الهيدروليكى من رفع مياه كما في حالة التدفق بكمية كبيرة مع سقوط صغير. معظم المكابس الهيدروليكية تعمل بأقصي كفاءة في حالة ضغط الإمداد يساوي $\frac{1}{3}$ ضغط الصرف.

كلما زاد ضغط الضخ كلما انخفضت كمية المياه التي يتم صرفها. في حالات زيادة طاقة الضخ عن إمكانية مكبس هيدروليكي واحد، يمكن استخدام عدة مكابس شريطة توفير طاقة مصدر الإمداد بالمياه .

أعمال الصيانة للمكبس الهيدروليكي صغيرة جداً ونادرة وتشمل :

استبدال مطاط المحبس عند تلفه.

تربيط المسامير في حال فكها.

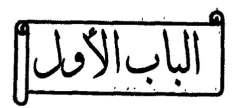
ضبط الزمبرك.

أحيانا يلزم فك المحبس الهيدروليكى للنظافة وذلك في حالة دخول الأعشاب ولذلك يلزم توفير مصفاه لمنع دخول الأجسام الطافية والعالقة.

الفصل الثانى

معالجة مياه الشرب

* مقدمة
* نوعية المياه ومعالجتها
* التهوية
* التزغيب والترويب
* الترسيب
* الترشيح
* تطهير المياه



مقدمة

الغرض من معالجة المياه هو تحويل المياه الخام التي تم الحصول عليها من المصادر السطحية أو الأرضية إلى مياه صالحة للشرب وللاستخدام المنزلي. حيث يجب أن تكون المياه خالية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية وكذلك المواد السامة. مثل المعادن الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة بالإضافة إلى مواد أخرى يلزم إزالتها أو على الأقل خفض تركيزاتها إلى درجة كبيرة .

وهذه تشمل المواد العالقة المسببة للعكارة، الحديد والمنجنيز المسببان لمرارة المياه أو إحداث لطع على الملابس والأواني عند غسيلها بالماء، وكذلك ثاني أكسيد الكربون الزائد والذي يسبب التآكل للخرسانة والأجزاء المعدنية. بالنسبة لإمدادات المياه للتجمعات الصغيرة. فإن خواص المياه الأخري مثل العسر، الأملاح الكلية المذابة والمواد العضوية المذابة تكون عموماً أقل أهمية، حيث يلزم خفضها إلى أدني مستوى مقبول. ولكن درجة المعالجة للمياه يحدها العوامل الاقتصادية والاعتبارات الفنية. الخطوط الإرشادية لنوعية المياه المستخدمة للشرب تعتبر دليل عند تعيين حدود المعالجة الضرورية جدول (1). كما يمكن اعتبار الشحن الجوفي كأحد طرق معالجة المياه كما أن تخزين المياه يعتبر أحد طرق المعالجة. فمثلا بعض الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض لا يمكنها أن تعيش أكثر من 48 ساعة في التخزين، بالإضافة إلى خفض كبير في الكوليفورم والكوليفورم الغائطي .

التخزين كذلك يساعد على حدوث الترسيب للمواد العالقة ولكن التخزين يساعد على نمو الطحالب في المياه، بالإضافة إلى فقد المياه نتيجة البخر. يمكن تفادي هذه السلبيات في حالة تغطية خزانات المياه والذي كذلك يمنع تلوث الحشرات والهوام ودخول الاتربة والملوثات التي يحملها الهواء. أحيانا يمكن عمل عدد من المعالجات للحصول على النتائج المطلوبة. المياه السطحية ذات التلوث البسيط يمكن معالجتها بعمليات قليلة، ولكن في حالة التلوث الكبير فإن ذلك يتطلب معالجات كثيرة واحدة بعد الأخري للوصول بالمياه إلى النوعية الصالحة للشرب وللاستخدام المنزلي. بالنسبة للتجمعات الصغيرة فإن العمليات المعقدة لمعالجة المياه ليست مناسبة، عندئذ يلزم البحث عن مصدر آخر غير ملوث حتى ولو كان على مسافات بعيدة. البديل هو إستغلال التكوينات الأرضية لتخزين المياه وتحسين نوعيتها.

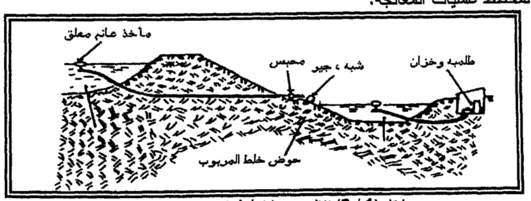
جدول (1) أثر عمليات معالجة المياه في إزالة مختلف الملوثات

عملية المعالجة / معيار نوعية المياه	التهوية	الترويب الكيماوي	الترسيب	الترشيح السريع	الترشيح الرملي البطئ	الكلوره
المحتوي من الأكسجين المذاب	+	0	0	–	– –	+
إزالة ثاني أكسيد الكربون	–	0	0	+	++	+
خفض العكارة	0	+++	+	+++	++++	0
خفض اللون	0	++	+	+	++	++
إزالة المذاق والرائحة	++	+	+	++	++	+
إزالة البكتريا	0	+	++	++	++++	++++
إزالة المواد العضوية	+	+	++	+++	++++	+++
إزالة الحديد والمنجنيز	++	+	+	++++	++++	0

بمجرد اختيار مصدر المياه، وتقدير التغيرات في نوعيتها، فإنه يمكن تقرير عمليات المعالجة المطلوبة . ذلك مع الأخذ في الاعتبار العوامل التالية :

* خفض التكاليف .
* أقل استخدام للمعدات الميكانيكية.
* سهولة التشغيل والصيانة.

يمكن في حالة التصميم الجيد استخدام نظام مبسط . كما في الشكل (2/1) لمخطط عمليات المعالجة.



شكل (1 / 2) تنظيم مبسط لمأخذ المياه، الترويب، الترسيب

1. نوعية المياه ومعالجتها:

1- نوعية المياه الجوفية ومعالجتها:

المياه الجوفية تكون نتيجة التسرب لمياه الأمطار في التربة ووصولاً إلى الخزان الجوفي. أثناء رحلة المياه نحو الخزان الجوفي فإن المياه تلتقط كثيراً من الملوثات؛ والمخلفات النباتية والحيوانية والكائنات الحية الصغيرة ومواد التسميد الطبيعية والصناعية والمبيدات ....إلخ.

ولكن أثناء تدفق المياه إلى جوف الأرض يحدث تحسن كبير في نوعية المياه حيث تزال المواد العالقة بالترشيح، المواد العضوية تتحلل بالأكسدة والكائنات الحية الدقيقة تموت بسبب نقص الغذاء، المركبات المعدنية المذابة لا تزال ولكن يمكن أن يزداد المحتوي من الأملاح التي تم إذابتها من طبقات التربة.

في حالة السحب الجيد للمياه الجوفية، فإنها تكون خالية من العكارة ومن الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وذلك عندما يكون الخزان الجوفي رملي ونظيف حيث لا توجد مواد ضارة أو غير مرغوب فيها. عندئذ فإنه يمكن استخدام المياه الجوفية لأغراض الشرب مباشرة بدون أي معالجات .

عند سحب المياه من خزان جوفي يحتوي على مواد عضوية، فإن الأكسجين يكون قد استهلك وإن محتوي المياه من ثاني أكسيد الكربون يحتمل أن يكون مرتفعاً. والمياه تكون عندئذ عدوانية إلا في حالة وجود كربونات الكالسيوم في أحد أشكالها. في حالة ارتفاع محتوي المياه من المواد العضوية في الخزان الجوفي، فإن المحتوي من الأكسجين يختفي تماماً.

المياه الخالية من الأكسجين (مياه لا هوائية) سوف تذيب أملاح الحديد والمنجنيز والمعادن الثقيلة بتحويلها من الشكل الغير مذاب إلى الشكل المذاب (مثال من الكربونات إلى البيكربونات) في المياه الجوفية. يمكن إزالة هذه المواد بالمعالجة أي بالتهوية (الأكسدة).

وهذا يتوقف على نوع جهاز التهويه حيث إما أن ينخفض محتوي المياه من ثاني أكسيد الكربون أو أن يترك بدون تغيير. الخفض مطلوب في حالة المياه العدوانية ولكن في حالات أخرى فإنه يمكن أن يسبب مشاكل نتيجة ترسيبات كربونات الكالسيوم.

في بعض الأحيان حيث يندر وجود المياه مع احتواء المياه الجوفية على كميات كبيرة من الحديد والمنجنيز والأمونيا فإن هذه المياه تعالج بالمروبات الكيماوية أو بالترشيح لجعلها مناسبة للشرب والاستخدام المنزلي. ولكن في حالة المجتمعات الصغيرة في الدول النامية فإنه يصعب تنفيذ هذه العمليات المعقدة ولذا يلزم تجنبها كلما أمكن ذلك.

الجدول (2) الآتي يلخص عمليات المعالجة للمياه التي سبق الإشارة إليها.

جدول (2) معالجة المياه الجوفية

نوعية المياه	التهوية		الترسيب الطبيعي	الترشيح السريع	الكلورة
	لزيادة الأكسجين	لخفض ثاني أكسيد الكربون			
لا هوائية، ذات عسر قليل، غير عدوانية					0
هوائية، يسر، غير عدوانية		0			0
غير هوائية، ذات عسر قليل غير عدوانية، لا يوجد حديد أو منجنز	0				0
لا هوائية، ذات عسر قليل غير عدوانية، يوجد حديد أو منجنيز	0		0	×	0
مياه يسر، عدوانية، لايوجد حديد أو منجنيز	0	0			0
غير هوائية، يسر، عدوانية يوجد حديد ومنجنيز	×	×	0	×	0

× = ضروري   0 = اختياري

نوعية المياه السطحية ومعالجتها :

يمكن أخذ المياه السطحية من المجاري السطحية، البحيرات، الترع المستخدمة في ري الأراضي. الماء في مثل هذه المصادر السطحية يكون مصدره جزئيا من تدفقات المياه الجوفية والجزء الآخر من مياه الأمطار التي تتدفق على سطح الأرض إلى مصادر المياه السطحية. تدفقات المياه الجوفية تدفع بالأملاح المذابة إلى المصادر السطحية أما التدفقات السطحية فهي المسببة للعكارة والمواد العضوية بالإضافة إلي الكائنات الحية المسببة للأمراض. في مصادر المياه السطحية، الأملاح المعدنية المذابة تظل بدون تغيير. ولكن الملوثات العضوية تتحلل خلال عمليات كيماوية وميكروبية. الترسيب الناتج عن حجز المياه في الخزانات أو التدفقات البطيئة للمياه السطحية ينتج عنه إزالة للمواد الصلبة العالقة. الكائنات الصغيرة المسببة للأمراض ستموت بسبب عدم توفر الغذاء المناسب .

ولكن هناك احتمال لتلوث جديد للمياه السطحية نتيجة إلقاء المخلفات والملوثات ونمو الطحالب. في المناطق ذات الكثافة السكانية الضعيفة، تكون المياه الرائقة من الأنهار والبحيرات قد لا تحتاج إلى معالجة لجعلها مناسبة للشرب .

ولكن مع الأخذ في الاعتبار الحالات المتفرقة لحدوث التلوث فإن الكلورة للمياه تعتبر إجراء هام لتأمين المياه كلما أمكن ذلك. المياه السطحية الغير ملوثة ذات العكارة المنخفضة يمن تنقيتها بالترشيح الرملي البطيء يليه الكلوره فقط .

المرشحات الرملية البطيئة وخاصة في المناطق الغير حضارية في الدول النامية لها ميزات كثيرة حيث يمكن بنائها بالإمكانيات المحلية المتاحة بدون الحاجة إلى خبرات غير متاحة عادة أو إشراف من خبراء. عندما تكون عكارة المياه عالية أو عند وجود الطحالب، فإن المرشحات الرملية البطيئة سيحدث بها انسداد سريع. عندئذ يلزم المعالجة المسبقة مثل الترسيب أو الترشيح السريع أو كلا العمليتين معاً. بالنسبة للمواد العالقة الهلامية فإن الإزالة بالترسيب يمكن تحسينها بدرجة كبيرة باستخدام كيماويات التزغيب والترويب.

إزالة الطحالب يمكن أن تتم بالكلورة المسبقة. كل هذه العمليات مطلوبة في معظم الحالات حيث يكون محتوي المياه من المواد العضوية مرتفع. المياه من الأنهار والبحيرات ذات نوعيات متغيرة كثيرا في المكونات ولذلك يكون من المستحيل الوصف التفصيلي لكل نظم المعالجات المطلوبة في كل حالة .

وعند التغاضي عن العمليات المعقدة فإن الجدول (3) يوضح النظم القابله للتطبيق في إمدادات المياه للتجمعات السكانية الصغيرة .

جدول (3) المعالجات للمياه السطحية :

عملية المعالجة / نوعية المياه	الكلورة المسبقة	الترغيب التدويب الكيماوي	الترسيب	الترشيح السريع	الترشيح الرملي البطئ	الكلوره النهائية
مياه رائقة وغير ملوثة						0
تلوث بسيط وعكارة منخفضة				0	×	0
تلوث بسيط وعكارة متوسطة			0	×	×	0
تلوث بسيط وعكارة مرتفعة		×	×	×	×	0

عملية المعالجة / نوعية المياه	الكلورة المسبقة	التزغيب التدويب الكيماوي	الترسيب	الترشيح السريع	الترشيح الرملي البطئ	الكلوره النهائية
تلوث بسيط وطحالب كثيرة	×	×	×	×		×
تلوث كثير وعكارة منخفضة	×			×	×	×
تلوث كثير وعكارة كثيرة	×	×	×	×		×

× = ضروري   0 = اختياري

2- التهوية:

التهوية هي عمليات المعالجة للمياه الجوفية حيث يحدث الالتصاق بين الماء والهواء بغرض :

"1" زيادة المحتوي من الأكسجين

"2" خفض المحتوي من ثاني اكسيد الكربون

"3" إزالة كبريتيد الهيدروجين، غاز الميثان ومختلف المركبات العضوية المتطايرة المسببة للمذاق والرائحة.

المعالجة لتحقيق النتائج في (1)،(2) مفيدة في الحصول على مياه جيدة للشرب. خفض المحتوي من ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يحرك حالة الاتزان ما بين الكربونات ــ البيكربونات في الماء يما يعمل على تكون الكربونات وترسيبها والتي قد تسبب بعض المشاكل .

تستخدم التهوية على نطاق واسع لمعالجة المياه الجوفية ذات المحتوي العالي جداً من الحديد والمنجنيز هذه المواد تسبب المذاق المر في المياه كما تحدث تغير في لون الأرز عند طهيه كما تتسبب في وجود بقع ذات اللون الأحمر الذي يميل إلى السواد على الملابس والأنية. وعند استخدم هذه المياه في الغسيل. الأكسجين الجوي عند التصاقه بالماء من خلال التهوية يتفاعل مع أملاح الحديدوز والمنجنيز منخفض التكافؤ حيث يتحولا إلى الأكاسيد عالية التكافؤ التي لا تذوب في الماء (حديديدك، منجنيك) وهذه أكاسيد مائية، والتي يمكن إزالتها بالترسيب أو الترشيح .

من المهم معرفة أنه من الصعب الحصول على أكسدة سريعة لمركبات الحديد والمنجنيز في الماء، وخاصة في حالة وجود مواد عضوية في الماء، حيث تكون التهوية غير مؤثرة غالبا في تكون راسب من الحديد والمنجنيز. عندئذ يكون

المطلوب هو الأكسدة الكيماوية، التغير في الرقم الهيدروجيني والترشيح الخاص لإزالة الحديد والمنجنيز. طرق المعالجة هذه مكلفة، معقدة لذلك ففي المناطق حيث التجمعات السكانية الصغيرة يلزم البحث عن مصدر آخر للمياه.

الالتصاق الجيد بين الماء والهواء عند الحاجة إلى التهوية يمكن تحقيقه بطرق عدة. بالنسبة لمعالجة مياه الشرب يمكن تحقيقه بنشر المياه خلال الهواء في طبقات رقيقة أو نقط صغيرة (التهوية بسقوط المياه)، أو بخلط الماء مع نشر الهواء (التهوية بالفقاعات) .

في كلا الطريقتين يمكن رفع محتوي الماء من الأكسجين إلى 60 –80% من أقصى مستوى للأكسجين في الماء. في حالة التهوية بسقوط المياه فإنه يمكن التخلص من الغازات المذابة في الماء أما في حالة التهوية بالفقاعات فهذا الأثر لا يتحقق. خفض ثاني أكسيد الكربون بواسطة سقوط المياه مؤثر ولكن ليس كافي عند معالجة المياه شديدة العدوانية. حيث يلزم لهذه النوعية من المياه المعالجة الكيماوية مثل جرعة من الجير المطفي ثم الترشيح على الرخام أو الدولوميث المحروق.

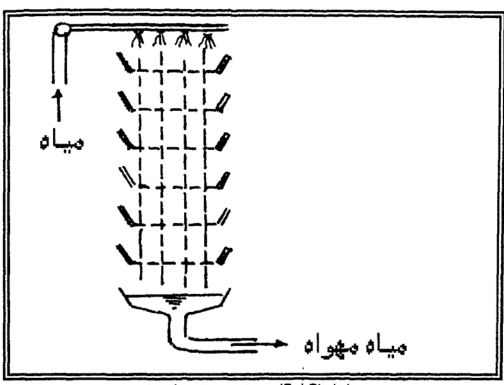
أ- التهوية بسقوط المياه :

جهاز التهوية ذو الصواني المتعددة شكل (2/2) بسيط جداً وغير مكلف ويشغل مساحة صغيرة وهو يتكون من 4–8 صواني ذات القاع المثبت بفواصل 30–50 سم. تتدفق المياه خلال مواسير مثقبه وتتشتت بانتظام فوق الصانية العليا، حيث تتدفق إلى أسفل بمعدل 0.02 متر مكعب / الثانية من سطح الصانية.

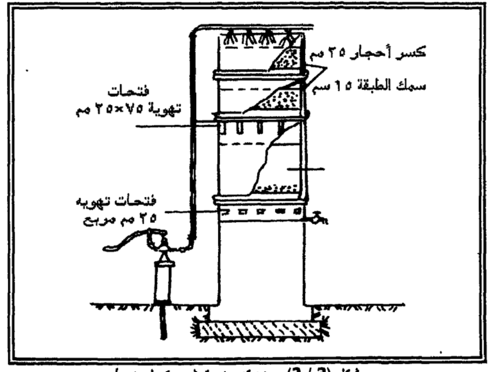
تتشتت نقاط الماء ثم يعاد تجميعها عند كل صانية تالية. يمكن صنع هذه الصوانى من أي مادة مناسبة، مثل الأسبستوس المثقب أو من مواسير البلاستيك ذات القطر الصغير أو من شرائح الخشب المتوازية. لزيادة تشتت المياه يمكن ملء الصواني بزلط خشن بعمق حوالي 10 سم .

أحيانا يمكن استخدام طبقة من الكوك التي تعمل كعامل وسيط وتنشط ترسيب الحديد من الماء. جهاز التهوية اليدوي مع وحدة الترشيح لمعالجة المياه ذات المحتوي العالي من الحديد والمنجنيز موضح في الشكل (2/3).

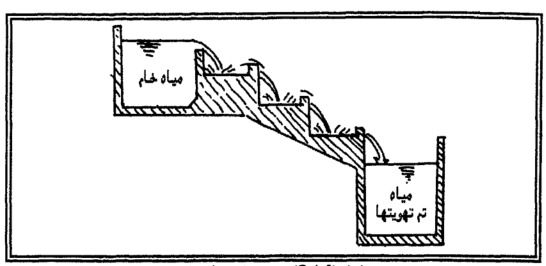
النوع الأخر هو التهوية بالمصاطب المتدرجة شكل (2/4) ويتكون من 4–6 مصاطب كل بارتفاع 30 سم ذات طاقة حوالي 0.01 متر مكعب / الثانية لكل متر من العرض لانتاج اضطراب ولزيادة كفاءة التهوية، عادة توضع عوائق عند طرف كل مرحلة. مقارنة بالتهوية بالصواني فإن المساحة المطلوبة للتهوية بالمصاطب تكون أكبر إلى حد ما ولكن الخفض الكلي في الضغط يكون أقل. الميزة الأخرى هو أنه لا توجد حاجة للصيانة. نفس المبدأ مطبق في التهوية في حالة الطبالي المتدرجة شكل (2/5) حيث تتكون رقائق من المياه الساقطة التي تتكون للتعرض الكلي للمياه مع الهواء .



شكل (2 / 2) برج تهويه متعدد الصواني



شكل (3 / 2) وحده تهويه وترشيح تعمل يدوياً



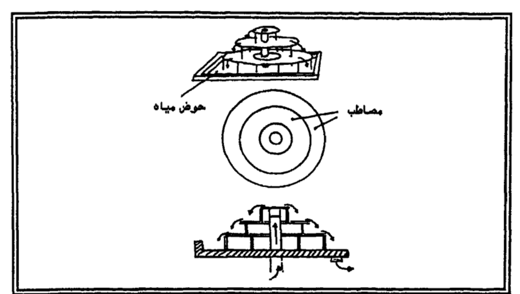
شكل (4 / 2) تهويه بالمصاطب المتدرجه

ب-جهاز التهوية بالترزيز والرش :

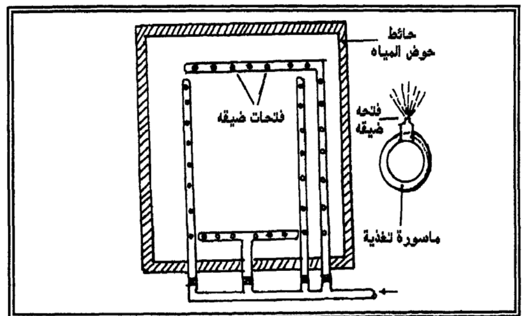
ويتكون من نافورات ثابتة متصلة بلوحة شبكية أو مثقبة للتوزيع حيث تنشر المياه خلالها إلى الهواء المحيط بسرعة 5 -7 متر في الثانية. جهاز الترزيز والرش البسيط جداً حيث المياه المتدفقة إلى أسفل خلال قطع قصيرة من المواسير بطول 25 سم وقطر 15 -30 مم .

يوضع قرص مستدير أسفل نهاية كل ماسورة بعدة سنتيمترات لتتكون طبقة رقيقة من المياه والتي تنتشر إلى نقاط مياه صغير. النوع الأخر للتهوية بالرش باستخدام نافورات متصلة بماسورة تغذية، حيث ترش المياه إلى أعلى شكل (2/6). نافورات الرش عادة توضع فوق حوض الترسيب أو وحدة الترشيح وذلك لاستغلال المساحة ولتجنب الحاجة لحوض تجميع منفصل للمياه التي تم تهويتها.

لتجنب الانسداد، يجب أن تكون فتحات النافورة كبيرة إلى حد ما، لأكثر من 5 مم، ولكن في نفس الوقت فإنه يجب تحقيق نشر المياه إلى حبيبات صغيرة. كثير من التصميمات تم تطويرها لتحقيق هذه المطالب. مثال لذلك التهوية البسيطة بالرش باستخدام لوح عائق موضع في الشكل (2/7) الشكل (2/8) يوضح بعض الأمثلة لتصميمات النافورات.



شكل (5 / 2) التهويه بالطبالى المتدرجه



شكل (6 / 2) التهويه بالترزيز والرش

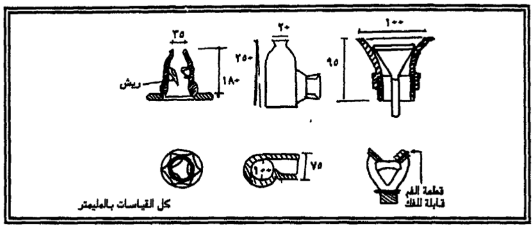


شكل (7 / 2) التهويه بالرش بأستخدام لوح عائق

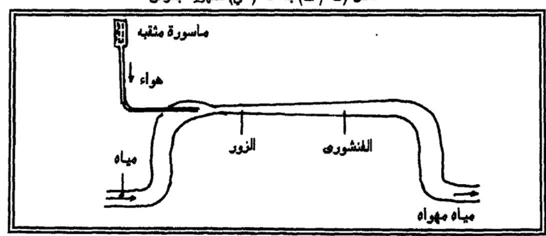
جـ- التهوية بالفقاعات :

كمية الهواء اللازمة لتهوية المياه بالفقاعات صغيرة، لا تزيد عن 0.3 – 0.5 متر مكعب من الهواء لكل متر مكعب من الماء وهذه الأحجام يمكن الحصول عليها بسهولة بمص (سحب الهواء إلى الداخل في الماء) المفضل هو بالتهوية باستخدام الفنشورى الموضح في الشكل (2/9). حيث يوضع نظام التهوية أعلى من الماسورة الحاملة للمياه. في زور الفنشوري تكون سرعة التدفق مرتفعة بما يعمل على خفض ضغط المياه المقابل حيث ينخفض إلى أقل من الضغط الجوي. عندئذٍ يسحب الهواء إلى الماء. بعد مرور المياه من زور الفنشوري فإن المياه تتدفق خلال ماسورة ذات قطر اكبر حيث تنخفض السرعة يقابلها ارتفاع في ضغط الماء. تختلط فقاعات الهواء الصغيرة مع الماء. يمتص الأكسجين من فقاعات الهواء في الماء .

التخلص من ثاني أكسيد الكربون في هذا النوع من نظم التهوية يكون مهمل نظراً لصغر حجم الهواء بالفقاعات. مقارنة بالتهوية بالرش ولكن متطلبات المساحة صغيرة والفقد الكلي فى الضغط متساوي تقريباً.



شكل (8 / 2) باثقات (فني) للتهويه بالرش



شكل (9 / 2) التهوية بالفنشوري

3ـ التزغيب والترويب :

مقدمة :

عملية التزغيب والترويب تعمل على التجميع للمواد الصلبة الصغيرة الحجم والغير قابلة للترسيب الطبيعي إلى جسيمات كبيرة الحجم في شكل زغبات يسهل التخلص منها بالترسيب أو الترشيح. المواد الهلامية العالقة (التي يتراوح حجمها ما بين 5×10^{-4} إلى 2×10^{-6} مليمتر)، وهي ذات الحجم المتوسط ما بين المواد الصلبة المذابة والمواد الصلبة العالقة. المواد الهلامية تظل عالقة في حالة ثبات بخاصية التنافر الهيدروستاتيكي والتميُّؤ. والتنافر الهيدروستاتيكي يحدث نظراً لأن المواد الهلامية عادة لها شحنة سطحية بسبب وجود طبقة مزدوجة من الأيونات حول كل جسم. لذلك فإن المواد العالقة الهلامية لها شحنة كهربية غالبا ما تكون سالبة. التميُّؤ هو تفاعل الحبيبات على سطحها مع المياه المحيطة. نتيجة ترابط الحبيبة والماء يكون له كثافة نوعية تختلف قليلاً عن تلك للماء .

المواد التي أحياناً ما تزال بالترغيب والترويب،هي تلك المسببة للعكارة واللون. المياه السطحية في البلاد القارية عادة ما تكون عكرة ومحتوية على مواد ملونة. العكارة تكون بسبب الاحتكاك مع التربة، وبسبب نمو الطحالب أو المخلفات الحيوانية التي تحمل مع تدفقات المياه السطحية. يكون اللون بسبب إذابة المواد الناتجة عن تحلل المواد العضوية، الأوراق، أو التربة. كلا من العكارة واللون يكون موجوداً غالباً في شكل جسيمات هلامية .

التنافر الهيدروستاتيكي ما بين الجسيمات الهلامية يلغي قوي الجذب بينها التي تعمل على تجميع الجسيمات. كيماويات معينه (تسمي المروبات) لها القدرة على معادلة الشحنة حول الجسيمات العالقة. فهي تلغي التنافر الهيدروستاتيكي وبذا تمكن الجسيمات من التجمع (التزغيب) أي تكون الزغبات (أو قد تسمي النتفات) هذه الزغبات يمكنها أن تنمو إلى الحجم والكثافة الكافي لإمكان إزالته بالترسيب أو بالترشيح.

عموماً فإن عمليات المعالجة بالكيماويات بالنسبة للتجمعات السكانية الصغيرة يمكن تجنبها باستخدام المرشحات الرملية البطيئة والتي تزيل العكارة واللون وملوثات أخرى فى وحدة واحدة. وسيتم مناقشتها للحاجة إليها عند الضرورة .

أ- المروبات :

الشبه والتي هي كبريتات الألومنيوم($AL_2(SO_4).\ nH_2O$) هي أكثر الكيماويات استخداماً في الترويب ولكن أملاح الحديد (مثل كلوريد الحديديك) $FeCl_3$ يمكن نستخدامها كذلك وفي بعض الحالات تكون مفضلة عن الشبة.

المميزات لاستخدام أملاح الحديد عن استخدام الشبه هو اتساع الرقم الهيدروجيني للترويب الجيد (الرقم الهيدروجيني (pH) هو قياس للحموضة والقلوية للماء. المياه الحامضية لها رقم هيدروجيني أقل من 7 والرقم الهيدروجيني للمياه القلوية يكون أكبر من 7. الرقم الهيدروجين 7 يوضح حالة التعادل للمياه.

تستخدم أملاح الحديد عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمياه مرتفع وذلك لأغراض الترويب، حيث أن أملاح أيدروكسيد / الحديديك قليلة الذوبان في الماء مقارنة بأملاح الألومنيوم التي تكون أيونات الألومينات القابلة للذوبان عند رقم هيدروجيني مرتفع. تستخدم ألومينات الصوديوم عادة في الترويب عند رقم هيدروجين متوسط. أصبح متاح للترويب البلمرات العضوية المخلقة والتي تسمي البولي اليكتروليت ولكنها ليست اقتصادية بالنسبة للإمدادات الصغيرة للمياه بالإضافة إلى أنها غير متاحة غالبا.

المروبات مثل أملاح الألومنيوم والحديد المذابة تتفاعل مع القلوية في الماء وتتحلل فيها.

مثال لذلك: تتفاعل الشبه مع القلوية لتكون زغبات من إيدروكسيد الألومنيوم $AL(OH)_3$ والذي هو راسب جيلاتيني. القلوية المطلوبة يمكن أن تكون موجودة بصفة طبيعية في الماء أو يلزم إضافتها من خلال جرعات من الجير المطفي $Ca(OH)_2$ أو من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) والذي يمسي الصودا آش .

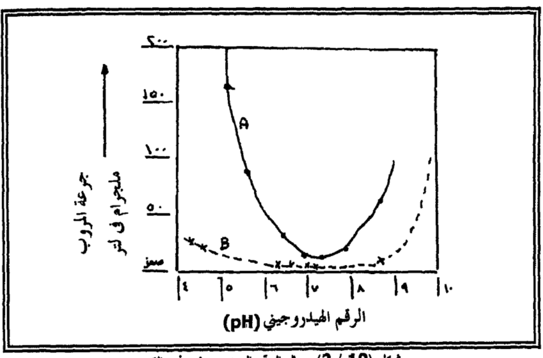
لعمل الترويب الجيد فإن أقصى جرعة لمروب يلزم إضافتها إلى الماء مع الخلط الجيد. الجرعة المطلوبة تختلف طبقا لطبيعة المياه ومكوناتها. من الصعب حساب أقصى جرعة مطلوبة من المروب لنوع معين من الماء. حيث يتم ذلك من خلال تجربة معملية تسمي اختبار القنينة. اختبار القنينة يمكن وصفه باختصار كالأتي :

توضع عينات من الماء في عدة أوان مجهزة بقلاب (خلاط). يتم وضع كميات مختلفة من الجرعة (كمثال 10 –20 –30 –40 –50 ملجرام /لتر) على الكميات المتساوية من المياه فى الأواني المجهزة بالخلاط. يتم الخلط السريع لمدة حوالي دقيقة ثم التقليب البطئ لمدة حوالي 10 دقائق. بعد ذلك تترك العينات لمدة 30 – 60 دقيقة. يتم اختبار العينات بالنسبة للون والعكارة مع تسجيل أدني جرعة من المروب والتي توفر المياه الرائقة بالدرجة الكافية شكل (2/10) .

الاختبار الثاني يشمل تحضير العينات مع ضبط الرقم الهيدروجين في المجالات (كمثال pH = 5، 6، 7، 8) يتم وضع جرعة المروب التي تم تحديدها من قبل في كل قنينة ثم يلي ذلك التقليب ثم التزغيب والترويب. بعد ذلك تختبر العينات مع تحديد أقصى رقم هيدروجيني مناسب. في حالة الضرورة يمكن عمل اختبار أدني جرعة من المروبات.

أنسب طريقة لإضافة الجرعة من الشبه أو ملاح الحديد (كبريتات الألومنيوم أو الحديديك) هو في شكل محلول ويكون تركيز المحلول 3-7 % ويتم تحضيره في حوض خاص بطاقة من المروب تكفي لمدة عشر ساعات أو أكثر .

يتم توفير حوضين احدهما في التشغيل والأخر لتحضير المحلول. عند استخدام الشبه فإنه يلزم معرفة أن محلول الشبه بتركيز أقل من 1% يتحلل (أي يكون حبيبات مع مياه الخلط لعمل المحلول) قبل إضافته إلى المياه الجاري معالجتها. ولمنع حدوث ذلك فإن تركيز المحلول يجب أن يظل دائما أكبر من 1%. يمكن استخدام نظم مختلفة للتغذية بالمروب الشكل (2/11) يوضح مثال.



شكل (10 / 2) مجال الرقم الهيدروجيني في الترويب

الترويب لـ 50 ملجرام /لتر طفله مع كبريتات الألومنيوم وكبريتات الحديد. مجالات الرقم الهيدروجيني لترويب عكارة الطفله بكبريتات الألومنيوم المنحنى (A) وكبريتات الحديديك المنحنى (B). النقط على المنحنيات توضح جرعة الترويب اللازمة لخفض عكارة الطفله إلى نصف قيمتها الاصلية.

ب- الخلط السريع

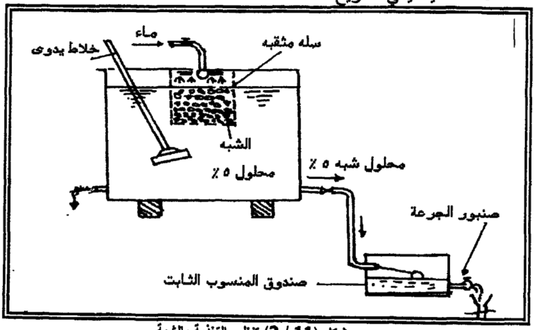
يقصد بالخلط السريع هو الانتشار الفوري لكل الجرعة من الكيماويات خلال كتلة المياه الجاري معالجتها. للحصول على هذا، يكون من الضروري التقليب العنيف للماء مع حقن كيماويات الترويب في أكثر المناطق اضطراباً، ذلك لتأكيد انتشارها المنتظم والسريع.

يلزم أن يكون الخلط سريع نظراً لأن تحلل المروب عادة لحظى (خلال عدة ثوان). عدم ثبات المواد الهلامية يستغرق كذلك وقت قصير جداً. وضع وحدة الخلط السريع يجب أن تكون قريبة من مخزن الكيماويات حيث يتم تحضير الكيماويات .

كذلك فإن مواسير التغذية يجب أن تكون قصيرة كما أنه من المفضل وضع تجهيزه الخلط السريع قريباً من وحدة الترغيب لتجميع كل هذه المتطلبات في مخطط محطة المعالجة يكون صعب إلى حد ما.

توجد كثيراً من التجهيزات لتوفير الخلط السريع والانتشار لكيماويات الترويب في الماء ومن هذه التجهيزات:

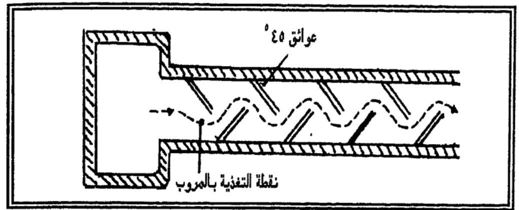
* الخلط الهيدروليكي السريع .
* الخلط الميكانيكي السريع .



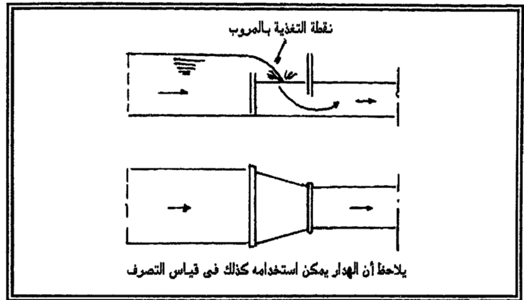
شكل (11 / 2) تنظيم التغذية بالشبة

1- الخلط الهيدروليكي السريع :

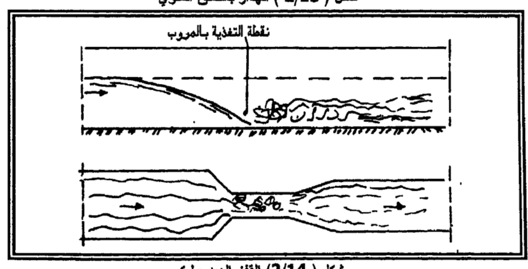
لعمل الخلط الهيدروليكي السريع، تستخدم تجهيزات مثل القنوات أو الغرف المجهزة بعوائق لاحداث الاضطراب في التدفقات، هدارات التدفق العلوي، القفز الهيدروليكي الأشكال (2/12- 2/13، 2/14)



شكل (2/12) قناة مجهزة بعوائق للخلط السريع



شكل (2/13) الهدار بالتدفق العلوي



شكل (2/14) القفز الهيدروليكي

2- الخلط الميكانيكي السريع :

في الخلط الميكانيكي السريع تكون قوة الخلط للمياه بواسطة دافعات، أو القلابات (شكل 2/15). عموما الخلط الميكاكنيكي غير مناسب لمحطات المعالجة الصغيرة حيث أنه يتطلب مصدر طاقة بصفة مستمرة .

جـ- الترغيب (الخلط البطيء) :

الترغيب هو عملية التقليب الهادئ (البطئ) والمستمر للمياه التي أضيف لها المروب وذلك بغرض تكون زغبات خلال تجميع الجسيمات الصغيرة الموجودة في الماء. أي أنها عملية إعداد المياه لتكون زغبات التي يمكن إزالتها بالترسيب أو الترشيح. تتوقف كفاءة عملية الترويب على عدد الصدامات بين الجسيمات المروبة في وحدة الزمن. يوجد نوعين من الخلط البطيء للترغيب وهما الخلط البطيء الميكانيكي والهيدروليكي.

1- الترغيب الميكانيكي :

في الترغيب الميكانيكي يتم تقليبْ المياه ببطء بتجهيزات ميكانيكية مثل أذرع التقليب أو الزحافات. هذه التجهيزات تكون مثبتة في عامود إدارة رأسي أو أفقي. عامود الإدارة الرأسي للترغيب يوضع عادة في حوض مربع به عدة غرف (4 غرف أو أكثر) في حالة عامود الإدارة الأفقي للترغيب بالتدفق المتقاطع، يوجد ما لا يقل عن 4 صفوف من أعمدة الإدارة، مع حواجز من العوائق لمنع قصر المسافة.

2 - في الترغيب الهيدروليكي :

يتأثر تدفق المياه ببعض الإنشاءات الصغيرة التي تعمل على حدوث التقليب.

مثال: لذلك القنوات المجهزة بعوائق، غرف الزغيب على التوالي (مثال مزغب الاباما)، مزغب الطبقة الزلطية .

3- تصميم المزغب بالخط البطئ :

في تصميم المنشأ الأساسي للمزغب فإنه لا يؤخذ في الاعتبار فقط التدرج في السرعة (G) ولكن كذلك زمن المكث (t) والناتج (G.t) يعطي قياس عن عدد الصدامات للجسيمات وبالتالي عملية تكون الزغبات. المعادلة لحساب التدرج في السرعة هي :

$$G = \sqrt{\frac{p}{\mu v}}$$ حيث

G = التدرج في السرعة /.الثانية

P = الطاقة المنقولة إلى الماء (كيلوات)

V = حجم الماء المنقول له الطاقة على حجم حوض الخلط (متر المكعب

M = لزوجة الماء (متر مربع / الثانية)

لزوجة الماء عند درجة حرارة الماء 15ْم تكون 1.14×10^{-6} متر مربع/الثانية.
وعند درجة حرارة 20ْم للماء تكون 1.01×10^{-6} متر مربع/ الثانية
وعند درجة حرارة 25ْم للماء تكون 0.9×10^{-6} متر مربع/ الثانية

جدول (4) البيانات التصميمية للمزغب :

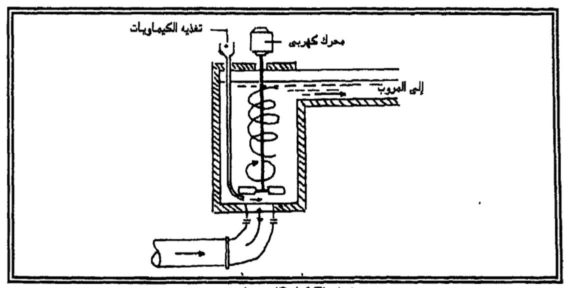
معامل التصميم	g/ الثانية	t (الثانية)	txG
المجال	من10إلى100	من1200- إلى1800	من30000 إلى 150000
القيمة النموذجية	من45إلى 90	1800	من 50000إلى 100000

بالنسبة لكل مزغب يتم تعيين القيمة المثالية لـ (Gt) وتكون مرتفعة بما تحقق أقصى تكون للزغبات بدون حدوث اضطراب أو تفتت للزغبات بعد تكوينها. يمكن تحسين الصدامات الداخلية للزغبات باستخدام الكيماويات مثل السليكا المنشطة أو البولي اليكتروليت (مساعدات التدويب).

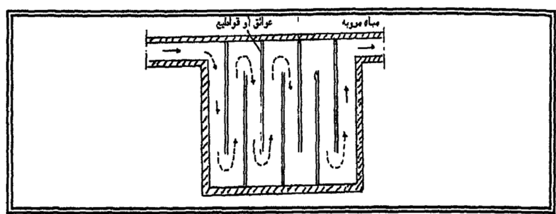
4- المزغبات الهيدروليكية :

في حالة المزغب الهيدروليكي بالتدفق الأفقي حيث القنوات للتزغيب تكون مجهزة بعوائق (16 /2)تكون السرعة التصميمية للمياه من 0.1 إلى 0.3 متر في الثانية. زمن المكث يكون (عادة 15-20) دقيقة. هذا النوع من المزغبات مناسب لمحطات المعالجة الصغيرة جداً. ولكن تتوقف الكفاءة على عمق الماء في القنوات المجهزة بالعوائق.

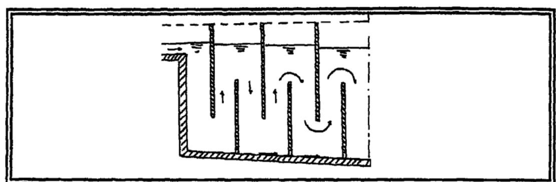
المزغبات ذات التدفق العمودي خلال غرف مجهزة بالعوائق شكل (17-2) تستخدم غالبا في محطات تنقية المياه ذات السعة المتوسطة والكبيرة. سرعة تدفق المياه تتراوح ما بين 0.1 إلى 0.2 متر في الثانية. زمن المكث 10 – 20 دقيقة. يعد المزغب بنظام نظافة للرواسب في المزغب.



شكل (15 / 2) خلاط ميكانيكي



شكل (2-16) مزغب القناة بعوائق – التدفق أفقي (مسقط رأسي)


شكل (2-17) غرفة التدفق الرأسي بعوائق (مقطع)

5- مزغب الاباما:

مزغب ألاباما هو مزغب هيدروليكي به غرف منفصلة على التوالي حيث تتدفق المياه في إتجاهين شكل (2/18). تتدفق المياه من غرفة إلى التي تليها، حيث تدخل كل حاجز مجاور من القاع خلال مخرج متجه إلى أعلى. هذا النوع من المزغبات تم استخدامه في ألاباما ثم استخدم في أمريكا اللاتينية.

لأجل الترغيب المؤثر في كل غرفة، توضع المخارج على عمق 2.5 متر أسفل منسوب المياه.

البيانات التصميمية هي :

الطاقة لكل غرفة	25-50 لتر/الثانية/المتر المربع
السرعة عند الإنحناءات	0.4-0.6 متر / الثانية
طول الغرفة (L)	0.75 – 1.5 متر
العرض (B)	0.5- 1.25 متر
العمق (h)	2.5 – 3.5 متر
زمن المكث (t)	15-25 دقيقة

الفقد فى الضغط لهذا المزغب عادة ما بين 0.35 إلى 0.5 متر لكل الوحدة.
التدرج فى السرعة عادة من 40-50 متر/الثانية.

الجدول (5) يوفر البيانات العملية لتصميم مزغب الأباما

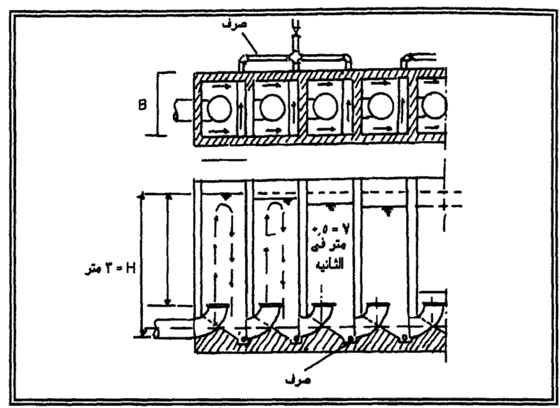
حجم الغرفة (متر مكعب)	مساحة الغرفة (مترمربع)	القطر D (مليمتر)	الطول L (متر)	العرض B (متر)	معدل التدفق Q(لتر/ثانية
1.1	0.35	150	0.6	0.5	10
1.3	0.45	250	0.75	0.6	20
1.8	0.6	300	0.85	0.7	3
2.4	0.8	350	1.00	0.8	40
3.0	1.0	350	1.1	0.9	50
3.6	1.2	400	1.2	1.00	60
4.2	1.4	450	1.35	1.05	70
4.8	1.6	450	1.4	1.15	80
5.4	1.8	500	1.5	1.2	90
6.0	2.0	500	1.6	1.25	100

مثال :

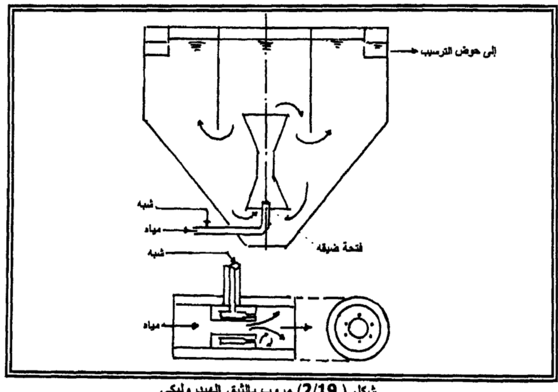
التدفق Q = 1.2 متر مكعب / الدقيقة . زمن المكث 15 دقيقة. قطر انحناء الماسورة 250 مليمتر (10"). مساحة الغرفة الواحدة 0.6 × 0.75 متر مربع. حجم الغرفة الواحدة 1.3متر مكعب. الحجم الكلي المطلوب 15 × 1.2 = 18 متر مكعب.
عدد الغرف = 18 ÷ 1.3 = 14

الخلط الهيدروليكي بالبثق للتزغيب :

عند التزغيب بالبثق فإنه يتم حقن المروب (الشبة) في المياه باستخدام تجهيزه ذات فتحة خاصة، حيث تنبثق المياه في ماسورة متغيرة القطر بعد نافورة البثق. النتيجة لهذا البثق هو الخلط البطيء للمياه لتكون الزغبات، جزء من الزغبات المتكونة يعاد تدويرها شكل (2/19). خلال هاتين العمليتين معاً، يمكن الحصول على نتائج تزغيب ممتازة.



شكل (18 / 2) مزغب ألاباما



شكل (2/19) مروب بالنبق الهيدروليكي

4- الترسيب :

مقدمة :

الترسيب هو السقوط والإزالة للأجسام العالقة الذي يحدث عندما تكون المياه ساكنة أو متدفقة ببطء خلال حوض. بسبب سرعة التدفق البطيئة فإن الاضطراب غالباً ما يكون غير موجود أو يمكن إهماله، حيث الأجسام ذات الكثافة التي تكون أعلى من تلك للماء سوف تسقط (ترسب) على قاع الحوض مكونة طبقة من الروبة. المياه التي تصل إلى مخرج الحوض تكون مياه رائقة.

الترسيب يحدث في أي حوض. الأحواض المصممة للترسيب هي التي تستخدم لهذا الغرض. التصميم الأكثر شيوعا يتوفر في التدفقات الأفقية للمياه خلال الحوض ولكن توجد تصميمات للتدفقات الرأسية والقطرية. بالنسبة لمحطات معالجة المياه الصغيرة فإن الأحواض المستطيلة ذات التدفق الرأسي هي الأكثر مناسبة بالإضافة إلى سهولة الإنشاء .

كفاءة عملية الترسيب سوف تنخفض كثيراً، في حالة وجود اضطراب أو دوران متقاطع في الحوض لتجنب ذلك فإن المياه الخام الداخلة إلى حوض الترسيب يجب أن تقسم بهدوء على كل عرض وكل عمق الحوض. بالمثل عند نهاية الحوض فإن تصميم المخرج يتطلب تجميع المياه الرائقة بهدوء. المواد المرسبة سوف تكون طبقة من الروبة في قاع الحوض، ولذا يلزم تنظيف الحوض بانتظام. يمكن صرف الروبة إو إزالتها بأي طريقة في حالة التنظيف اليدوي يجب تفريغ الحوض أولاً.

أ- تصميم حوض الترسيب

ب- كفاءة حوض الترسيب في إزالة الجسيمات العالقة يمكن تحديدها باستخدام قواعد سرعة الترسيب (S_o) للجسم العالق والتي تعبر كل عمق الحوض (H) في زمن مكث (T) باستخدام هذه الملاحظة شكل (2/20) فإنه يمكن استخدام المعادلة الآتية :

$$S_o = \frac{H}{T} \text{ ، } T = \frac{BLH}{Q}$$

متر مكعب/متر مربع في الساعة $= \dfrac{Q}{BL} = S_o =$ متر في الساعة

حيث :

$S_o =$ سرعة الترسيب متر في الساعة

$T =$ زمن المكث بالساعة

Q = معدل التدفق متر مكعب / الساعة

H = عمق الحوض بالمتر

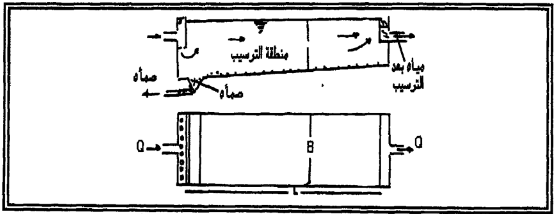
B = عرض الحوض بالمتر

L = طول الحوض بالمتر

بفرض التوزيع الجيد لكل الجسيمات العالقة على كل عمق الحوض (بطريقة الإنشاء لدخول المياه المثالي)، فإن الأجسام ذات سرعة الترسيب (S) أعلا من (S_o) سوف يتم إزالتها كاملاً، أما الأجسام ذات سرعة التترسيب أبطأ من (S_o) سوف تزال طبقا للنسبة بين ($S : S_o$) .

هذا التحليل يوضح أن كفاءة الترسيب تتوقف أساسا على النسبة بين معدل تدفق المياه الداخلية والمساحة السطحية للحوض. وهذا ما يمسي بالتحميل السطحي. كمبدأ لا يوجد خلاف في كفاءة الترسيب بين الحوض الضحل والحوض العميق.

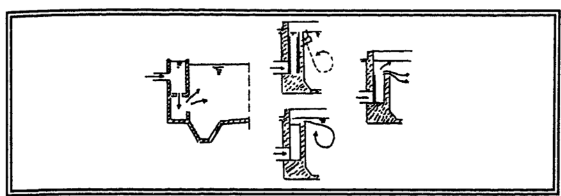
كفاءة الترسيب للحوض كما في الشكل (2/20) يمكن تحسينها بناء على ذلك بعمل قاع إضافي كما في الشكل (21/ 2) حيث مساحة السطح المؤثر ستزداد كثيراً والتحميل السطحي ينخفض كثيراً. تصميم حوض الترسيب سوف يبني على التحليل لسرعات الترسيب للأجسام القابلة للترسيب في المياه العكرة.



شكل (20 / 2) حوض ترسيب مستطيل بالتدفق الأفقي



شكل (2/21) حوض ترسيب بقاع إضافي



شكل (2 / 22) بعض نماذج لمداخل أحواض الترسيب

عند استخدام الترسيب بدون المعالجة المسبقة (الذي يسمي بالترسيب الحر) لترويق المياه من المجاري السطحية، فإن التحميل السطحي سيكون عموماً ما بين 0.1 إلى 1 متر/الساعة. بالنسبة لأحواض الترسيب التي تستقبل المياه التي عولجت بكيماويات التزغيب والترويب فإن التحميل السطحي سيزداد حيث يمكن أن يكون ما بين 1-3 متر / الساعة. في كلا الحالتين كلما انخفض التحميل السطحي كلما زاد ترويق المياه أي أن المياه سوف تحتوي على عكارة أقل .

الاعتبارات السابقة تجهل تأثيرات الاضطراب، قصر المسافة، إعادة حمل الرواسب من القاع . لخفض هذه التأثيرات إلى أقل ما يمكن، فإن حوض الترسيب لا يكون ضحلاً، العمق على الأقل 2 متر أو أكثر. النسبة بين الطول والعرض تكون ما بين 3-8 السرعة الأفقية للتدفق تحسب كالآتى :

$V_o = \frac{Q}{BH}$ حيث تكون ما بين 4-36 متر في الساعة .

الحوض بعمق 2 متر أو أكثر يمكن أن يحتوي على معدة ميكانيكية لإزالة الروبة، ولكن الإنشاءات الصغيرة يفضل تنظيفها يدوياً. يحدث ذلك على فترات تختلف من أسبوع إلى عدة أسابيع. عمق الحوض يجب أن يكون مناسب لاحتواء الروبة المتراكمة عند قاع الحوض بين فترات التنظيف.

لتصميم حوض الترسيب يمكن الاسترشاد بالمثال التالي :

مدينة تعدادها المستقبلي 10000 نسمة، تحتاج إلى 40 لتر/اليوم للفرد بفرض أقصى احتياج يومي للمياه هو 1.2 ضعف متوسط الاحتياج.

طاقة التصميم ستكون

$$Q = 10000 \times \frac{40}{1000} \times 1.2 = 480\ m^3/day$$

أي ما يعادل 20 متر مكعب في الساعة .

في حالة مصدر المياه العكرة من مياه نهر بها عكارة فإنه يتم معالجته أولا بالترسيب الحر. ينشأ لذلك حوضين للترسيب، حيث يستخدم أحدهم كاحتياطي عندما يكون أحد الأحواض في الصيانة أو التنظيف اليدوي حيث يدخل الحوض الاحتياط في الخدمة. عند تصميم كلا من الحوضين ليتحمل كل التدفق التصميمي (20 متر مكعب في الساعة) البديل هو تصميم ثلاث أحواض كل بطاقة 10 متر مكعب في الساعة، حيث حوضين في الخدمة (بطاقة 20 متر مكعب) وحوض فى الاحتياط. وبهذا يمكن تحقيق الاقتصاد في تكاليف الإنشاء.

في حالة تقدير التحميل السطحي ليكون 0.50 متر في الساعة بناء على الخبرة والذي يعطي نتائج جيدة، فإن حجم الحوض بطاقة 10 متر مكعب سيكون كالأتي :

$\frac{Q}{BL}=\frac{10}{BL}=0.5$ أي $BL = 20\ m^3$

عندئذ تكون أبعاد الحوض $B = 2\ \&\ L = 10$

في حالة عمق الحوض 2 متر بالإضافة إلى 0.5 متر لاحتواء الروبة الراسية قبل التنظيف عندئذ تكون السرعة الأفقية للتدفقات هي :

$$V=\frac{10}{2 X 1.5}=\ 3.3\ \ m/hour$$

أي أن السرعة ستكون 3.3 متر في الساعة وهي أقل قليلاً من حدود التصميم في حالة تصميم الحوض بطاقة 20 متر مكعب / الساعة .

$$\therefore \frac{Q}{BL}=\frac{20}{BL}=\ 0.5 \qquad \therefore\ BL=40m^3$$

أبعاد الحوض ستكون مثلا $B = 3\ m\ ,\ L = 14\ m$

ومع عمق الحوض 2 متر، مع توفير 0.5 متر لاحتواء الروبة قبل التنظيف فإن سرعة التدفق العلوي ستكون كما يلي وهذه السرعة هي في حدود الاعتبارات التصميمية.

$$V=\frac{Q}{BH}=\frac{20}{3 X 1.5}=4.44\ m/hour$$

بفرض أنه في فترة العكارة العالية للمصدر المائي حيث الحمل من المواد العالقة 120 ملجرام / لتر . والذي يلزم خفضه إلى 10 ملجرام /لتر بالترسيب. أي أنه يلزم حجز 110 جرام من الطفلة من كل متر مكعب من المياه الرائقة. مع تحميل سطحي 0.5 متر فى الساعة هذا يعني أن متوسط تراكم الروبة هو 55 جرام متر مربع / الساعة .

هذا بالنسبة للروبة المحتويه على مادة جافة بنسبة 3%، كمية 55 : 0.03 = 1830 سم^3/م^2 في الساعة = 1.83 مليمتر / الساعة. عند نهاية المدخل للحوض يكون تراكم الترسيبات أسرع حوالي 4مليمتر / الساعة. لذلك في حالة السماح للتراكم بعمق 0.5 متر، فإنه يلزم فترة زمنية 125 ساعة أو 5 يوم بين التنظيف. عندما تكون فترات العكارة العالية متقطعة ولفترة قصيرة فإن هذا يصبح مقبول.

ب- الإنشاء :

أحواض الترسيب ذات الحوائط العمودية تصنع عادة من الطوب أو الخرسانة، أما أحواض الترسيب بالحفر فإنه يكون لها حوائط مائلة من التربة الأرضية المدمجة مع طبقة حماية عند الضرورة .

أحواض الترسيب المتوسطة والكبيرة لها منظور رأسي مستطيل ومقطع مستطيل. لتسهيل إزالة الروبة يكون من المناسب أن يكون ميل قاع الحوض قليلاً نحو نهاية المدخل للحوض حيث يوجد جيب تجميع الروبة. كما سبق توضيحه فإن حوض الترسيب يجب أن يتوفر له نظام دخول للمياه منفصل بما يؤكد التوزيع المنتظم للمياه على كل العمق وكل العرض للحوض. يمكن استخدام كثيراً من التصميمات شكل (2/22) يوضح بعض الأمثلة .

التنظيم الموضح على اليسار(شكل 2/22) يتكون من قناة على كل عرض الحوض مع عدد كثير من الفتحات الصغيرة في القاع التي تدخل المياه من خلالها إلى حوض الترسيب. لحسن التوزيع المنظم للمياه الداخلية فإن هذه الفتحات يجب أن تكون قريبة من بعضها البعض، بفاصل أقل من 0.5 متر، وأن يكون قطرها ليس صغيراً بدرجة كبيرة (حوالي 3-5 سم) لتجنب الانسداد. يكون حجم القناة عموماً ذات مساحة مقطع لا تقل عن ضعف مساحة الفتحات. حوض ترسيب بطاقة 20 متر مكعب/الساعة (كما ذكر سابقاً) وعرض 3 متر سيكون له في قنال الدخول حوالي 6 فتحات كل بقطر 4 سم. قناة الدخول نفسها تكون بعمق حوالي 0.4 متر وعرض 0.3 متر .

عادة المياه الرائقة تخرج من الحوض خلال هدارات. أحياناً هدار واحد يكفي ولكن لمنع المواد المرسبة من أن تلتقط ثانيا، فإن سحب المياه يجب أن يكون هادئ دائماً مع توفير هدارات أكثر (إجمالي طول الهدارات = عرض الحوض × عدد الهدارات=nB). يمكن استخدام المعادلة التالية لحساب إجمالي طول الهدار.

$$nB = \frac{Q}{5HS_o}$$

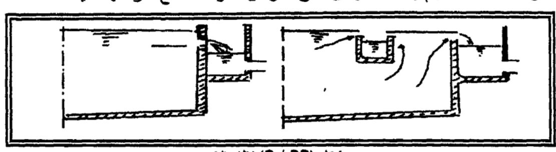
في المثال السابق تطبق المعادلة كالأتي :

$$n_{(3)} = \frac{20}{(5)(1.5)(0.5)} \cong n = 2$$

تنظم الخروج باستخدام هدار خروج أو أكثر موضح في الشكل (23/ 2). عند استخدام هدارات لمعدلات التدفق فإنه يكون من المهم الوضع الأفقي المحدد لقمة الهدار حيث الانحراف القليل لقمة الهدار عن الأفقي سوف يسبب عدم انتظام السحب للمياه الرائقة. لتجنب ذلك ما مكن فإن قمة الهدار يجب أن تكون من شريط معدني مثبت بمواسير على الحائط الخرساني للحوض قمة هذا الشريط ليست مستقيمة حيث يوجد بها فتحات مثلثية على فواصل شكل (2/24).

حل آخر: يوضح في الشكل (2/23)، على اليسار. الفتحات في حائط حوض الترسيب تستخدم حيث تكون بقطر أصغر عن إنشاء المدخل المماثل. بالنسبة لمعدل تدفق 20 متر مكعب في الساعة يكون المناسب 6 فتحات كل بقطر 2.5 سم .

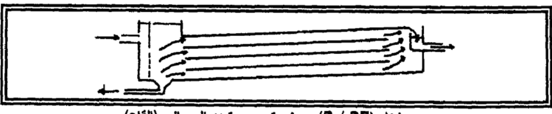
المواد العالقة في المياه الخارجة من حوض الترسيب عادة تكون منخفضة، ولذلك فإن مخاطر انسداد الثقوب يكون احتماله صغير ولا يتطلب النظافة أحيانا. سبق أن تناولنا أن أحواض الترسيب الصغيرة يمكن أن تنشأ ببساطة بحوائط رأسية من ألواح خشبية رأسية مثبت في التربة أو من الطوب أو الخرسانة أو من حوائط مائلة في أي من هذه الحالات يتم إنشاء الحوض على الأرض المرتفعة لمنع تعرضها للفيضانات.



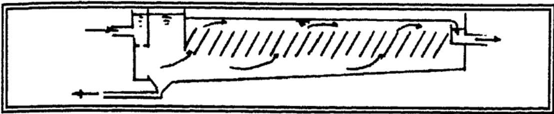
شكل (23 / 2) نظام الخروج



شكل (24 / 2) هدار (7) التدفق العلوي



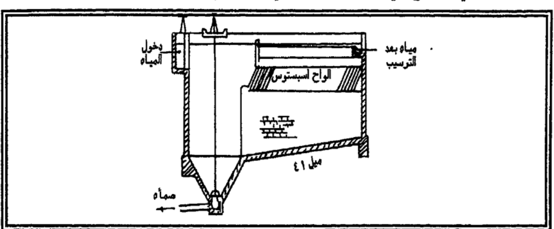
شكل (25 / 2) حوض ترسب متعدد الصواني (القاع)



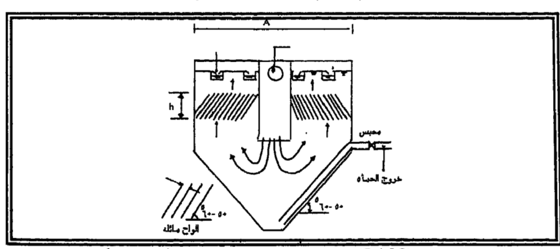
شكل (26 / 2) حوض ترسيب بالألواح المائله

د- أحواض الترسيب ذات الألواح المائلة أو المواسير المائلة :

التحسن في كفاءة الترسيب بإضافة قاع إضافي للحوض يمكن زيادته باستخدام أكثر من قاع شكل (2/25). الفواصل بين هذه الصواني (أو الألواح) نظراً لكونها صغيرة فإنه يصعب إزالة الروبة المترسبة يدوياً بالقصابيات. ولكن النظافة الهيدروليكية باستخدام نافورة من المياه يمكن أن تكون جيدة ولكن الحل المفضل هو استخدام الألواح ذات التنظيف الذاتي. ويتحقق ذلك بوضع الألواح بزاوية 40-60 بالنسبة للأفقي. مقطع في هذه الأحواض في الشكل (2/26 ، 2/27)



شكل (2/27) حوض ترسيب بالألواح المائله



شكل (28 / 2) معايير التصميم لحوض الترسيب بالألواح المائلة

في حالة الأحواض الكبيرة حدث تطوير لنظم الألواح المائلة ولكن في المحطات الصغيرة فإن الألواح المستوية أو المعرجة مع التدفق العلوي للمياه هي عادة الأكثر مناسبة. أحواض التسيب بالألواح المائلة لها ميزة الطاقة الكبيرة في مساحة صغيرة (حجم صغير) السطح المؤثر يكون كبيراً، التحميل السطحي يكون صغيراً، وكفاءة الترسيب بالتبعية ستكون مرتفعة يمكن حساب التحميل السطحي كالأتي :

$$S = \frac{Q}{nA}$$

حيث :

S= التحميل السطحي (م^3/ م^2 / الساعة)

Q= معدل التدفق (م^3 / لساعة)

A= مساحة قاع الحوض (م^2)

N= معامل يتوقف على نوع ووضع الألواح المائلة

في الشكل (28 /2) المياه تتدفق إلى أعلى يعد دخولها من قاع حوض الترسيب حيث تمر من الألواح المائلة وتتجمع في صواني. عند مرور المياه إلى أعلى عبر الألواح فإن المواد الصلبة القابلة للترسيب تسقط على الألواح، عندما تصطدم بها فإنها تنزلق إلى أسفل، إلى المنطقة أسفل الألواح الحبيبة الصغيرة (الجسم العالق الصغير) قد يدخل إلى قنوات الألواح عدة مرات قبل أن ينمو ويصبح وزنه أكبر بما يمكنه من السقوط في قاع الحوض .

بفرض n = 1.5 متر، W = 0.05 متر، α = 55° وأن الألواح مصنوعة من الأسبستوس الأسمنتي ذات سمكن 6 مم، ستجد أن n = 16. يجب ملاحظة أن رواسب الروبة لوحدة مساحة القاع سوف تكون كذلك 16 ضعف، بالنسبة لنفس معدل التدفقات للمياه الداخلية يحتمل أن تكون الإزالة اليدوية للروبة غير عملية.

في حالة الحوض بالقاع المربع يمكن استخدام قصابية دوارة لإزالة الروبة. إمكانيات أخرى ذلك باستخدام خزان بالقاع القمعى حيث الحوائط مائل بزاوية 50° بالنسبة للأفقي. العمق لمثل هذا الحوض سيكون كبيراً مع احتمال زيادة تكاليف الإنشاء بدرجة كبيرة عن حالة الحوض بالقاع المستوى. إزالة الروبة تتم من القاع القمعي للحوض.

بدلاً من الألواح المائلة، يمكن استخدام أنابيب ملتصقة بعضها جيداً يمكن أن تكون من مادة (بي في سي)، عادة يكون القطر الداخلي للأنابيب من 3-5 سم والميل بالنسبة للأفقي 60 °. في حالة الانشاءات الكبيرة يوجد على المستوى التجاري وحدات من الأنابيب المائلة والتي تعطى كفاءة ترسيب جيدة. في حالة

الأنبوبة بقطر 5 سم. فإن أقصى مسافة لرسوب الجسم العالق هي من قمة الأنبوبة حتى القاع. في حالة معدل سقوط الجسم العالق 2.5 سم / الدقيقة فإنه يستغرق دقيقتين فقط للوصول إلى القاع. بالمقارنة في حالة ترسيب نفس الجسم العالق في حوض ترسيب بعمق 3 متر فإنه يستغرق 120 دقيقة (ساعتين) حتى السقوط إلى قاع الحوض. وحدات الأنابيب عادة تكون بعرض 76 سم، طول 3 متر، عمق 54 سم نظرا لأن الأنابيب بميل 60° فإن الطول المؤثر للأنبوبة هو 61 سم .

سطح الترسيب المؤثر كبير جداً، ولذلك فإن التحميل السطحي (التدفق) يكون صغير جداً. لتوضيح ذلك فعند معدل تدفق 2 متر مكعب / الساعة خلال حوض ترسب سطحه 0.1 متر مربع يمثل تحميل سطحي 20 متر مكعب / متر مربع / الساعة .

في حالة استخدام 20 صف ًمن المواسير فإن التحميل سينخفض إلى متر مكعب/متر مربع/الساعة. زمن المكث للمياه في كل أنبوبة سيكون بضع دقائق فقط.

يمكن زيادة كفاءة الحوض خلال تركيب وحدات ألواح مائلة أو أنابيب مائلة لرفع طاقة الترسيب لأحواض الترسيب. عندما يكون عمق الحوض صغير أقل من 2 متر عندئذ يصبح تركيب الألواح المائلة أو الأنابيب المائلة يشكل صعوبة، ولكن في حالة الأحواض الأكثر عمقا يمكن الاستفادة باستخدامها.

في حالة زيادة طاقة التجهيزات المتاحة بإضافة الألواح أو الأنابيب المائلة يجب معرفة أن الروبة المنتجة ستزداد بما يتطلب تجهيزات إزالة إضافية كما يجب مراجعة أقطار فتحات الدخول والخروج وطاقة الهدار لمعرفة مدي قدرته على استيعاب الأحمال الزائدة.

5- التــرشيح

أ- الترشيح الرملي البطيء :

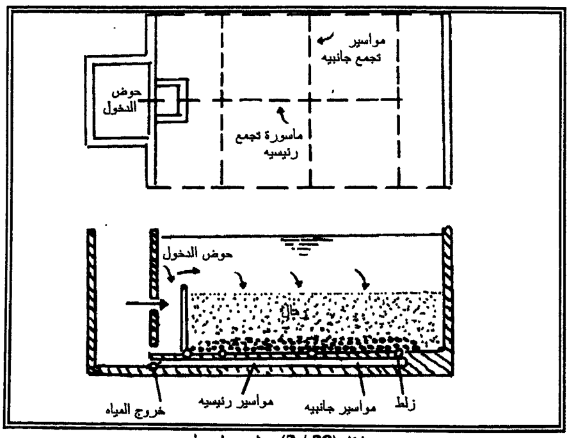
الترشيح هو عملية تنقية المياه بتمريرها خلال مادة مسامية أو مجال مسامي. في الترشيح الرملي البطيء تستخدم طبقة من الرمل الرفيع حيث تمر المياه خلالها ببطء إلى أسفل شكل (2/29). نظراً لصغر حجم الحبيبات فإن مسام الطبقة تكون صغيرة. المواد العالقة في الماءً تحتجز بنسبة كبيرة في الطبقة العليا للوسط الترشيحي بسمك 0.5 -2 سم .

هذا يجعل تنظيف المرشح يتم بكشط الطبقة العليا من الرمال. نظراً لاستخدام معدل ترشيح بطيء (2-7 متر مكعب/ متر مربع/ اليوم) فإن الفترة بين عمليتين للتنظيف المتتالي ستكون طويلة إلى حدٍ ما، عادة عدة شهور. عملية تنظيف المرشح لا تستغرق أكثر من يوم ولكن بعد التنظيف، فإنه يلزم يومين أو أكثر لتستعيد طبقة المرشح كفاءتها كاملاً.

الغرض الرئيسي من الترشيح الرملي البطيء هو إزالة الكائنات الحية المسببة للأمراض من المياه وبالتحديد البكتريا والفيروسات المسببة لانتشار الأمراض الوبائية المرتبطة بالمياه. الترشيح الرملي البطيء له كفاءة عالية في هذا الأمر حيث أنه يمكنه خفض البكتريا الكلية وبكتريا إي ــ كولاي. المرشح الرملي البطيء الجيد يزيل البروتزوا وديدان الاسكارس .. الخ . عند تنقية المياه الملوثة قليلاً فإن الترشيح البطيء يوفر مياه آمنة بكترويولوجيا.

الترشيح الرملي البطيء مؤثر كذلك في إزالة المواد العالقة من المياه. ولكن انسداد طبقة الترشيح يمكن أن يكون سريعاً بما يتطلب التنظيف من آن لآخر. لا توجد مشاكل في الترشيح الرملي البطيء عند ما تكون العكارة أقل من 5 بمقياس العكارة، مع أقصى حد للعكارة أقل من 20.

عند عدم توفر ذلك فإن الأحمال من المواد العالقة يلزم خفضها بعمليات المعالجة المسبقة مثل الترسيب، التزغيب والترويب، أو الترشيح الرملي السريع قبل ترشيح المياه في المرشح الرملي البطيء. في أحواض التخزين، المواد العالقة ترسب ولكن احتمال انسداد المرشح البطيء ما زال قائماً عند حدوث نمو للطحالب. عندئذٍ تكون المعالجة المسبقة ضرورية .



شكل (29 / 2) مرشح رملي بطيء

المرشحات الرملية البطيئة لها مميزات كثيرة لاستخدامها في البلاد النامية. حيث أنها توفر مياه رائقة خالية من المواد العالقة وآمنة صحيا. يمكن بناءها من المواد المحلية والعمالة المحلية وكذلك عدم الحاجة إلى كثير من المعدات الميكانيكية والكهربية المعقدة المطلوبة في العمليات الأخري. كما أنها لا تحتاج إلى معالجة المياه بالكيماويات أو المروبات، أو حتى المطهرات في حالة الاستخدام بدون الضخ في الشبكة. وعيوب الترشيح الرملي البطيء هو استغلاله لمساحة كبيرة من الأرض والتي لاتكون متوفرة في بعض الأحيان .

(1) نظرية الترشيح الرملي البطيء :

في الترشيح الرملي البطيء يتم إزالة الملوثات من المياه الخام من خلال عدة طرق مختلفة تعمل معاً مثل الترسيب، الامتصاص، التصفية والأهم هو الأداء الكيماوي والميكروبي . تبدأ عملية التنقية في المياه الطافية (فوق طبقة المرشح) ولكن معظم الإزالة للملوثات من المياه وكذلك العمليات الكيماوية والميكروبية تتم في الطبقة العليا للمرشح.

التصفية تزيل المواد العالقة كبيرة الحجم بالنسبة لمرورها في مسام المرشح. يحدث هذا على سطح المرشح حيث تحتجز الملوثات في الطبقة العليا وهذا يعمل على تحسن كفاءة التصفية ولكنها كذلك تزيد المقاومة ضد التدفقات السفلي للمياه. الملوثات المتراكمة يلزم التخلص منها من آن إلى أخر بكشط الطبقة العليا. بهذه الطريقة يمكن استعادة ضغط التشغيل للمرشح إلى قيمته الأصلية .

الترسيب يزيل المواد الصلبة العالقة الصغيرة حيث تترسب على سطح حبيبات رمل طبقة الترشيح. بالنسبة لحبيبات الرمل الصغيرة المستخدمة عادة في المرشحات الرملية البطيئة فإن إجمالي المساحة السطحية للحبيبات كبيرة جدا حوالي 10000 إلى 20000 متر مربع لكل متر مكعب من الرمال .

هذا يوفر معدل ترشيح منخفض مع التحميل السطحي المنخفض جداً. كفاءة الترشيح تبعاً لذلك ستكون مرتفعة لدرجة الإزالة الكاملة للأجسام الصغيرة جداً. وهذا يتم أساساً في الجزء العلوي لطبقة الترشيح ولا يحمل إلى عمق طبقة الترشيح سوي المواد العضوية ذات الكثافة المنخفضة .

المواد الصلبة المتبقية مع الملوثات الهلامية والمذابة تزال بالادمصاص إما على الطبقة اللزجة الجيلاتينية المتكونة على سطح حبيبات الوسط الترشيحي، أو من خلال الجذب الطبيعي والانجذاب الكهروستاتيكي .

الانجذاب الكهروستاتيكي هو الأكثر تأثيراً ولكنه يحدث فقط بين الجسيمات الحاملة لشحنة كهربية مختلفة. رمل الكوارتز النظيف له شحنة سالبة ولذلك لا يمكنه أدمصاص جسيمات لها شحنة كهربية سالبة مثل البكتريا، المواد الهلامية من أصل عضوي، أن أيونات النترات، الكبريتات والمركبات الكيماوية المشابهة.

لذلك أثناء فترة الأستواء للمرشح الرملي البطيء فإن الذي يتم ادمصاصه هي الأجسام ذات الشحنة الموجبة فقط مثل زغبة الكربونات، الحديد، إيدروكسيد الألومنيوم وكاتأيونات الحديد والمنجنيز. ادمصاص الجسيمات ذات الشحنة الموجبة سيستمر لدرجة ما بعد التشبع. عندئذ فإن الشحنة الكلية لغطاء حبيبات طبقة الترشيح ستتغير وتصبح موجبة، بعد ذلك فإن الجسيمات ذات الشحنة السالبة ستجذب وتحجز. بعد فترة الاستواء الأولي فإن طبقة الترشيح سوف تتغير باستمرار ما بين الشحنة السالبة والشحنة الموجبة لطبقة الغطاء للحبيبات وبذلك تكون قادرة على الادمصاص لمعظم الملوثات من المياه التي تمر بها.

المادة المتراكمة على حبيبات رمل المرشح لا تظل بدون تغيير، حيث تتحول بالنشاط البكترويولوجي والبيوكيماوي . مركبات الحديدوز والمنجنيز تتحول إلى الأكاسيد المائية الغير مذابة والتي تصبح جزء من الغطاء حول حبيبات الرمل. المواد العضوية تتأكسد جزئيا وبذا توفر الطاقة اللازمة للبكتريا لنموها.

جزء آخر من المواد العضوية يتحول إلى مادة للخلايا التي تستخدم في نمو البكتريا. عادة، كمية المواد العضوية في الماء صغيرة وتوفر الغذاء لكمية صغيرة من تجمعات البكتريا. متزامناً مع نمو البكتريا يكون هناك كذلك موت للبكتريا، وبذا تنطلق مواد عضوية أخرى حيث تحمل بتدفقات المياه ثم تستهلك ثانيا بكتريا أخرى على عمق أكبر في طبقة الترشيح .

بهذه الطريقة فإن المواد العضوية القابلة للتحلل والموجودة أصلاً في المياه تتحلل تدريجيا وتتحول إلى مركبات غير عضوية مثل ثاني أكسيد الكربون، النترات، الكبريتات، الفوسفات وأخيرا هذه المواد تصرف مع المياه المرشحة.

يجب التأكيد على أن الأداء الميكروبي الذي تم ذكره يحتاج إلى وقت لإعداد نفسه. لذلك فإن فترة الاستواء الكافيه يجب أن تتوفر. أثناء هذه الفترة فإن البكتريا في المياه الخام يتم ادمصاصها على حبيبات الوسط الترشيحي، حيث تتكاثر مستخدمة المواد العضوية الموجودة في الماء كغذاء. تحلل المواد العضوية يحدث في عدة خطوات في كل منها ينشط نوع معين من البكتريا .

لتكون عملية الترشيح مؤثرة، فإنه يكون من الضروري أن تنمو البكتريا وتتحرك إلى الطبقات العميقة في الوسط الترشيحي. هذا يستغرق وقت، حتي التغير في معدل الترشيح يجب توفيره ببطء خلال عدة ساعات. من الناحية العملية فقد وجد أن النشاط الكلي للبكتريا يمتد بعد عمق 0.6 متر في الوسط الترشيحي لذلك فإن السمك المؤثر للوسط الترشيحي يجب ألا يقل عن 0.7 متر.

السمك الأولي للوسط الترشيحي يجب أن يزيد بـــ 0.3 –0.5 متر، ذلك لتوفير إمكانية الكشط للطبقة الرملية للترشيح عدة مرات قبل إعادة إضافة الرمال.

التأثير الهام للمرشح البطيء في مجال معالجة المياه هو إزالة البكتريا والفيروسات. خلال الإدمصاص وعمليات أخرى، فإن البكتريا تزال من المياه وتحتجز على سطح حبيبات الوسط لترشيحي. بالنسبة للبكتريا المعديه فإن الوسط الترشيح لا يوفر ظروف مناسبة حيث تكون المياه أكثر برودة عن ظروف حياتها العادية، بالإضافة إلى عدم توفر الغذاء الكافي من المواد العضوية (من اصل حيواني) لمتطلبات حياتها.

كذلك في الجزء العلوي من الوسط الترشيحي توجد عدة أنواع من الكائنات الدقيقة المفترسة التي تتغذي على البكتريا. في عمق الوسط الترشيحي فإن الأكسدة البيوكيماوية سوف تقلل من المواد العضوية في الماء مسبقاً بما يجعل البكتريا تموت جوعاً. الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة في المرشح الرملي البطيء تنتج مركبات كيماوية (مضادات حيوية) ومواد ميكروبية التي تقتل أو على الأقل تثبط من نشاط البكتريا المعوية . .

التأثير الكلى هو الخفض الكبير في عدد بكتريا الإي ـــ كولاي (E- Coli) ونظراً لأن الكائنات الصغيرة المسببة للأمراض أقل مقاومة من بكتريا إي كولاي، فإنه يتحقق نقص أكبر في أعدادها.

المرشحات الرملية البطيئة تبنى عادة في شكل مفتوح، لذلك فإن نمو الطحالب بالتمثيل الضوئي يمكن أن يحدث. وهذا له سلبيات إلا أنه يعمل على زياد كفاءة الترشيح بما يساعد على إزالة كمية اكثر من المواد العضوية والبكتريا. وهذا يحدث من خلال طبقة صغيرة هلامية على سطح طبقة الترشيح والتي تتكون من طحالب في شكل خيوط واشكال أخرى من الكائنات مثل البلانكتون، البروتوزوا، الكائنات الدوارة، الطحالب النهرية .

السطح الطافي للمرشح يكون نشط جداً بما يحتويه من مختلف الكائنات التي تقوم بالحجز والهضم والتحلل للمواد العضوية من المياه التي تمر خلالها. الطحالب الميتة من المياه الطافية فوق طبقة الترشيح والبكتريا الحية من المياه العكرة تستهلك بالمثل في الطبقة الطافية من المرشح والمواد العالقة الخاملة تحتجز.

(2) مبادىء التشغيل :

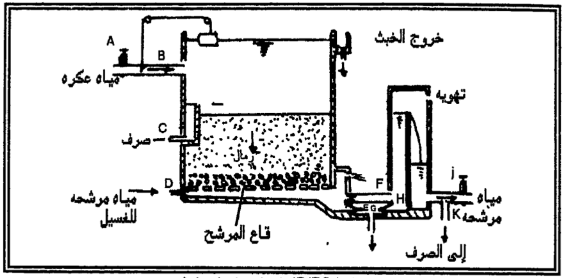
يتكون المرشح الرملي البطىء أساساً من حوض مفتوح من أعلى ويحتوي على طبقة الرمال. عمق الحوض حوالي 3 متر والمساحة قد تختلف ما بين عشرات أمتار قليلة إلى عدة مئات من الأمتار المربعة .

عند قاع الحوض يوجد نظام التصريف (قاع المرشح) موضوع لحمل طبقة الوسط الترشيحي. الوسط الترشيحي يتكون من رمل رفيع (صغير القطر)، عادة غير مدرج ويكون خالي من الطمي والطفل الرملي مع قليل ما أمكن من المواد

العضوية. طبقة الترشيح تكون عادة بسمك 1 -1.2 متر والمياه التي تعالج تطفو فوق هذه الطبقة بعمق 1- 1.5 متر .

يزود المرشح الرملي البطيء بعدد من خطوط مواسير الدخول والخروج مزودة بمحابس وتجهيزات تحكم وهذه بمهمة المحافظة على مستوى المياه الخام وثبات معدل التدفق .

للتوضيح فإن كل خطوط الدخول والخروج موضحة في الشكل (2/30) بالتفصيل ولكن عمليا فإنها تكون مجمعة معا لخفض تكاليف الإنشاء. أثناء التشغيل تدخل المياه الخام إلى حوض الترشيح خلال المحبس (A)، وتعبر المحبس (B) الخاص بتنظيم التحكم في العوامة، المياه الطافية تتدفق خلال المرشح وتتسرب خلال الطبقة الرملية إلى اسفل في اتجاه نظام التصريف .



شكل (2/30) المرشح الرملي البطيء

المياه المرشحة تعبر مقياس التدفق ومحبس التحكم (F) وتتدفق إلى غرفة الهدار الخارجي، من هناك تمر المياه خلال المحبس (J) ثم إلى حوض المياه الرائقة. المحبس (B) يحافظ على ثبات منسوب المياه العكرة. للحصول على معدل ترشيح ثابت فإن محبس التحكم يلزم فتحه قليلا كل يوم للتعويض عن الزيادة في المقاومة لطبقة التشريح بسبب الانسدادات. عند التغير في طلب المياه المرشحة، يتم ضبط المحبس (F) ببطئ خلال فترة زمنية لعدة ساعات، مع مراجعة معدل انتاج المياه بقراءة عداد معدل التدفق. الهدار الخاص بالمخرج يمنع حدوث الضغط السفلي في طبقة الترشيح ويعمل على استقلال عمل المرشح من التغيرات في منسوب المياه في حوض المياه الرائقة. الهدار كذلك يوفر التهوية للمياه لذلك فإن غرفة الهدار يجب أن تكون مهواه. التهويات مطلوبة للمرشح نفسه لتمكين انطلاق الغازات التي تنطلق أو تنتج أثناء الترشيح. لتسهيل انطلاق هذه الغازات، فإن القاع

السفلي للمرشح يجب ان يميل 1 : 500 لأعلي في اتجاه التدفق. في عملية الصرف عند عمل الصيانة أو الإصلاح فإن أرضية حوض المرشح يجب أن تكون بميل 1: 200 إلى أسفل. في حالة وجود كية كبيرة من الطحالب الطافية والخبث متراكمة على سطح المياه أثناء الترشيح، تجهز مخارج للخبث في الأركان الأربع للمرشح لتنظيم إزالة المواد الطافية .

عندما يكون محبس التحكم تام الفتح بعد فترة من التشغيل، ينتج عن ذلك زيادة إضافية في مقاومة المرشح والتي تسبب انخفاض في معدل الترشيح، وإنتاج المياه المرشحة سينخفض عن المعدل المطلوب. عندئذٍ يتم إخراج المرشح من الخدمة للتنظيف .

يتم التنظيف بكشط الطبقة العليا من الرمال المتسخة بسمك 1.5 – 2 سم لذلك يلزم أولاً صرف المياه من المرشح إلى منسوب 0.2 متر أسفل سطح طبقة الرمال. لبدء عملية التنظيف، يقفل المحبس (A)، عادة في نهاية اليوم، بينما يستمر المرشح في صرف المياه بالشكل العادي خلال المحبس (F) والمحبس (J).

في الصباح التالي، يقفل كلا من المحبس (F) و(J) والمياه الطافية المتبقية تصرف خلال المحبس (C). هذا الصرف من المرشح يتم التحكم فيه بواسطة صندوق حيث أحد جدرانه يتكون من التوقف الآلي مكونا هدار. قمة هذا الهدار تكون تقريبا في مستوى قمة طبقة الترشيح. المياه المتبقية في طبقة الترشيح العليا (المياه المسامية) بسمك 0.2 متر يتم صرفها بفتح المحبس (E) لفترة زمنية قصيرة. عند اكتمال عملية التنظيف (كما سيتم شرحه). يتم قفل المحبس (C) ثم يعاد امتلاء المرشح ببطيء بمياه مرشحة من أسفل، خلال المحبس (D) إلى منسوب حوالي 0.1 متر فوق سطح طبقة رمل المرشح. أثناء هذه العملية يلزم الحرص في تمام طرد الهواء الذي تراكم في مسام المرشح.

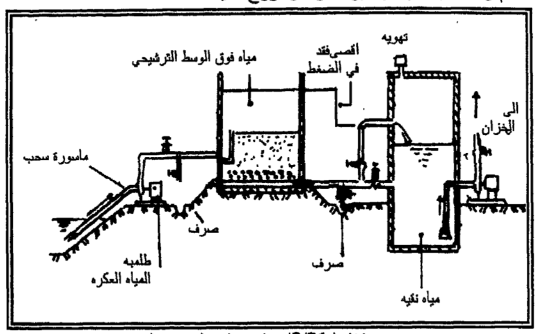
بعد ذلك يسمح بدخول المياه الخام من المدخل خلال المحبس (A) مع الحرص في عدم إتلاف طبقة الترشيح. التنظيم المؤثر هو بوضع المحبس (A) فوق صندوق الصرف مرتبطا بالمحبس (C). عند وصول المياه العكرة إلى منسوبها الطبيعي في المرشح طبقا لما يتحدد بمحبس التحكم (B) يتم الفتح الكلي للمحبس (K) ومحبس التحكم (F) لمجرد عمل المرشح النظيف عند ربع معدل الترشيح.

خلال الأثني عشر ساعة التالية يتم رفع معدل الترشيح ببطء إلى المنسوب الطبيعي بعد حوالي 12 ساعة أخرى، يفضل بعد 36 ساعة يتم قفل المحبس (K) وفتح المحبس (J) حيث يعود المرشح إلى العمل العادي.

عندما يكون المرشح خارج الخدمة لمدة زمنية كبيرة كما في حالة الإصلاح أو إضافة الرمال، فإن زمن الاستواء الذي تم الإشارة إليه من قبل (والذي كان من 1-2 يوم) يجب أن يمتد لعدة أيام زيادة. عندما يكون المرشح الجديد فإن فترة

الاستواء قد تكون لعدة أسابيع. في حالة استمرار خروج المرشح من الخدمة لمدة طويلة، فإنه يلزم تفريغه كاملا باستخدام المحابس (E)، (G)،(H) .

طريقة التشغيل للمرشح الرملي البطىء التي سبق شرحها هي طريقة آمنة وتعطي نتائج جيده ولكن الإنشاء معقد. عند المحافظة على منسوب المياه الخام أعلى طبقة الترشيح بالسيطرة على تدفقات المياه العكرة فإنه يمكن العمل بدون المحبس (B) الخاص بتشغيل العَّوامة. يمكن اتحاد المحبس (D) والمحبس (E)، أداء المحبس (H) يمكن تنفيذه بالمحبس (K). مخارج المواد الطافية غير ضروري وخاصة في المرشحات الصغيرة، في حالة إمكان إزالتها يدويا. الشكل (2/31) يوضح مثال لمثل هذا التصميم المبسط والذي يحتوي على أقل عدد من محابس التحكم وعدد قليل من مواسير دخول وخزوج المياه.



شكل (2/31) مرشح رملي بطيء مبسط

(3) الاعتبارات التصميمية :

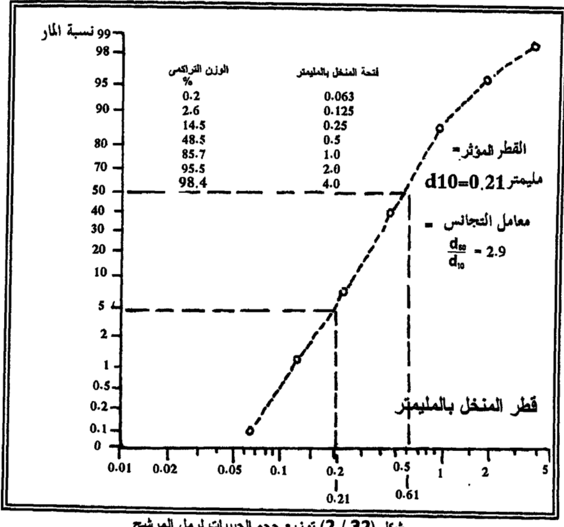
عند التصميم الواقعي للمرشح الرملي البطيء فإنه يلزم مقدما تحديد أربعة أبعاد وهى العمق (السمك) لطبقة الوسط الترشيحي، توزيع حجم الحبيبات لمادة الترشيح، معدل التشريح وأخيرا عمق المياه فوق طبقة الوسط الترشيحي، كلما أمكن ذلك.

هذه العوامل التصميمية يجب أن تبني على الخبرة المستفاد بها من محطات المعالجة المقامة والتي تستخدم نفس المصدر المائي أو مياه مشابهة. عند عدم توفر هذه الخبرة فإن التصميم يجب أن يبني على النتائج التي يتم الحصول عليها من التجارب التي تجري على مرشحات تجريبية مصغرة .

عند عدم توفر بيانات حقيقية أو تجريبية يمكن استخدام الخطوات التالية :

(أ) في حالة التصميم لأول مرة، فإن سمك طبقة الترشيح الرملي تكون ما بين 1-1.2 متر. وهذا يكفي لضرورة كشط طبقة الرمل قبل الوصول إلى أدنى سمك 0.7 متر.

(ب) يتم تحليل توزيع حجم الحبيبات من الرمال المتاحة محلياً مع تحديد القطر المؤثر ومعامل التجانس كما في الشكل (2/32). يتم اختيار الرمل بالقطر المؤثر حوالي 0.2 مم ومعامل التجانس أقل من 3 . عند عدم توفر هذا النوع من الرمال فإن معامل التجانس حتى 5 يمكن قبوله والقطر المؤثر للرمل يتراوح ما بين 0.15 حتى 0.35 مم. تدرج حبيبات الرمل المستخدم في البناء عادة يوفر هذه الاشتراطات. أحياناً يستخدم قشر الارز المحروق بقطر من 0.3 حتى 1.0 مليمتر.



شكل (2 / 32) توزيع حجم الحبيبات لرمل المرشح

(جـ) يتم توفير مالا يقل عن 2 مرشح ويفضل 3 مرشح . المساحة السطحية المجمعة كبيرة بحيث يمكن تحقيق معدل ترشيح لا يزيد عن 0.2 متر في الساعة عندما يكون أحد المرشحات خارج الخدمة للتنظيف .

(د) بالنسبة للتصميم الأولي يتم تثبيت عمق المياه فوق الطبقة الرملية للترشيح ما بين 1-1.5 .

(هـ) يلزم توفير مساحة لوحدات ترشيح إضافية .

(و) بمجرد بدء التشغيل، يجب الملاحظة بدقة لطول دورات الترشيح. حيث متوسط دورة الترشيح لمدة شهرين مناسبة جداً. عند ملاحظة زيادة دورة الترشيح، يمكن زيادة معدل الترشيح لزيادة المياه المرشحة. في حالة قصر دورة الترشيح عن المتوقع، يجب إنشاء وحدات ترشيح إضافية مبكراً.

في المرشحات الرملية البطيئة يلزم تجنب انخفاض الضغط إلى أقل من الضغط الجوي في جميع الحالات حيث أن ذلك يمكن أن يسبب مشاكل خطيرة. حيث تكون وتراكم فقاعات الهواء في طبقة الترشيح يزيد من المقاومة ضد تدفقات المرشح. فقاعات الهواء ذات الحجم الكبير، يمكن أن تحدث تشققات في طبقة الترشيح حيث تمر المياه خلالها بدون ترويق. لذلك فإن أقصى فقد في الضغط مسموح به فوق طبقة الترشيح يتحدد بعمق المياه فوق الوسط الترشيح زائد مقاومة الوسط الترشيحي النظيف عند أدني معدل تدفق. لمنع حدوث هذا الانخفاض في الضغط يمكن توفير هدار للتدفق العلوي في خط خروج المياه .

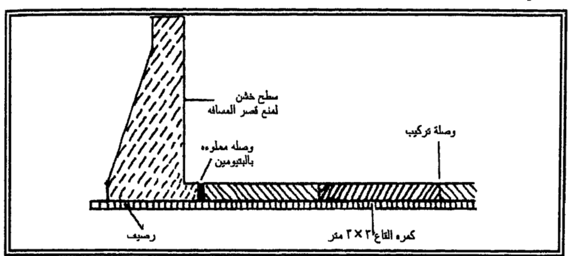
الفرق في المنسوب بين المياه فوق الوسط الترشيحي وهدار التدفق العلوي يجب ألا يزيد عن أقصى فقد في الضغط مسموح به بالإضافة إلى الفقد في الضغط في مواسير خروج المياه، أي لأدني معدل ترشيح. بالنسبة لمعدلات الترشيح البطيئة المستخدمة في المرشحات الرملية البطيئة، فإن أي تغير بسيط في منسوب المياه فوق الوسط الترشيحي يمكن أن يكون له تأثير واضح على معدل الترشيح وبالتالي يؤثر على نوعية المياه المرشحة، لذلك يلزم توفير وحدة للتحكم في معدل الترشيح مثبتة في خط خروج المياه من المرشح.

(أ) الإنـــــشـــــاء :

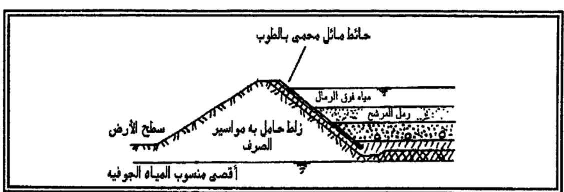
بالنسبة لإنشاء المرشح الرملي البطيء يجب توضيح بعض العناصر المختلفة وأهمها هو حوض المرشح، قاع المرشح، طبقة الوسط الترشيحي، خطوط المياه فوق الوسط الترشيحي والمياه الداخلة والمياه الخارجة، مخطط وضع المرشح الرملي البطيء ككل.

في البلاد الأوروبية تبني المرشحات الرملية البطيئة من الخرسانة المسلحة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد في شكل مستطيل والحوائط رأسية بارتفاع 3-4 متر.

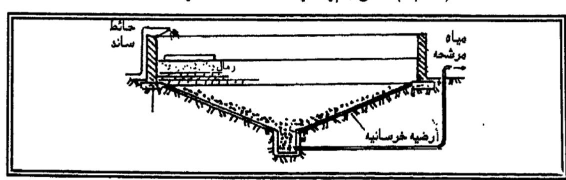
وكلما أمكن ذلك توضع في منطقة مرتفعة بعيداً عن خط المياه الجوفية ومجاري الأمطار والسيول. أما في بريطانيا فتستخدم الكتل الخرسانية حيث تستخدم الحوائط الجانبية، والأرضية من قطاعات خرسانية شكل (2/35). في الماضي كان تبني المرشحات البطيئة من الطوب على أساس من الطفلة شكل (2/34) مثل هذا قد يناسب المجتمعات الصغيرة في الدول النامية. الشكل (2/34) يوضح مرشح رملي بطيء بسيط جداً منشأ في الارض.



شكل (2 / 33) مرشح رملي بطيء مصنوع من الخرسانة



شكل (2 / 34) مرشح رملي بطيء منشأ من الطوب في تربة طفلية متماسكة



شكل (2/35) مرشح رملي بطيء بسيط

حسب طاقة وحدة المعالجة فإن المساحة المطلوبة تختلف ما بين عدة عشرات إلى عدة مئات من الأمتار المربعة. يوجد اتجاه نحو خفض أقصى حجم مع الحصول على مرونة أكثر للتشغيل وسرعة في تنظيف المرشح. مع أقصى معدل للترشيح 0.2 متر في الساعة، فإن المحطة ذات طاقة 2 مليون متر مكعب في العام والنسبة بين أقصى إنتاج يومي ومتوسط الإنتاج اليومي= 1.2 فإنها تتطلب مساحة طبقة مرشح 1370 متر مربع. مع وجود وحدة احتياط هذا يعني 4 وحدات كل ذات مساحة سطحية 460 متر مربع أو 6 وحدات كل بمساحة 270 متر مربع. بهدف تأكيد نوعية جيدة للمياه المرشحة، فإنه يلزم منع قصر المسافة على طول حوائط المرشح.

عند استخدام الخرسانة المسلحة فإن الحوائط الداخلية يجب أن تكون خشنة فوق نصف عمق طبقة الترشيح، مع الميل الخارجي لهذه الحوائط قليلاً بما يساعد على تثبيت طبقة الترشيح بحوائط المرشح . كما يجب الاهتمام بملاحظة ارتفاع منسوب المياه الجوفية والذي يمكن أن يرفع كل المنشآة لأعلي ويتلفه.

قاع المرشح يقوم بمهمتين وهما حمل طبقة الرمال وتصريف المياه المرشحة. الفتحات أو الثقوب في قاع المرشح يجب أن تكون صغيرة بما يمنع مرور مواد الترشيح الرملية خلالها. مقاومة قاع المرشح لمرور المياه المرشحة يجب أن تكون صغيرة. كما في الشكل (2/36) توجد عدة أنواع من قاع المرشح تشمل الطوب المرصوص والخرسانة المصبوبة في الموقع على فرم خرسانية .

لمنع مادة الترشيح من دخول نظام التصريف السفلي وانسداده يمكن استخدام عدة طبقات من الزلط المدرج. تكون الطبقة السفلي من الزلط الفاير لعدم انسداد فتحات قاع المرشح، والطبقة العليا تكون حبيباتها صغيرة بما يمنع الرمال فوقها من السقوط في المسام. بالنسبة لقاع المرشح المسامي فإنه يكفي طبقة واحدة بسمك 0.1 ــ0.2 متر، بالنسبة للقاع من الطوب والوصلات المفتوحة (باتساع 10 مم) يلزم توفر أربع طبقات (كمثال 0.4 ــ 0.6 مم، 1.5 ــ 2 مم، 5-6 مم، 15-25 مم كل طبقة بسمك 10 سم).

بالنسبة للمرشحات الصغيرة يمكن استخدام مواسير عرضية مثقبة والتي تتصل بماسورة تصريف رئيسية لتوجيه المياه خارج المرشح. هذه المواسير المثقبة يمكن أن تصنع من أي مادة مثل الفخار المزجج (كاملة الاستدارة أو ذات نصف استدارة مثل مواسير الصرف الحقلي) أو من حديد الزهر ولكن الأكثر استخداماً هو مواسير الاسبستوس ومواسير (البي في سي). كما يمكن الصناعة المحلية لهذه المواسير من المواد المحلية (مثل الطين الأسواني كمثال). .

المواسير المثقبة بقطر 8 سم توضع بفواصل حوالي 1 متر وقطر الثقوب 5 مم على الجانب السفلي بمعدل عشرة ثقوب في المتر . الماسورة الرئيسية للتجمع عادة لا تكون مثقبة ويكون قطرها ضعف قطر كل المواسير المثقبه المتصلة بها.

لقد سبق مناقشة رمل الترشيح للمرشح الرملي البطيء. عند عدم توفر الرمال ذات القطر المؤثر فإنه يمكن خلط نوعين من الرمل الطبيعي ولكن هذا سينتج عنه تجانس أقل بالنسبة للتدرج الرملي المرشح. يتم استخدام المنخل لإزالة الحبيبات الكبيرة من الرمال للحصول على رمال لها تجانس مناسب.

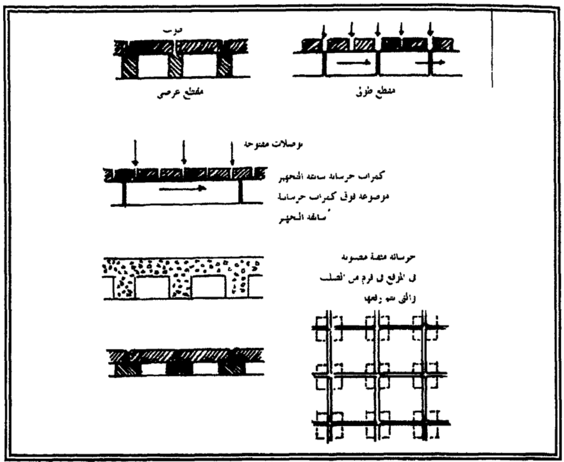
عمق طبقة المياه فوق طبقة رمل المرشح مرتبط بالفقد الكلي في الضغط المناسب والذي يؤثر على طول دورة الترشيح . يلزم توفير ارتفاع خالي من المياه بحوالي 0.2 متر فوق سطح المياه العكرة كما أن قمة هذه الحوائط يجب أن تكون فوق سطح الأرض بارتفاع لا يقل عن 0.8 متر وذلك لخفض التلوث بالأتربة والأوراق والحيوانات الصغيرة .

تغطية المرشح الرملي البطيء ضروري في المناخ البارد لمنع حدوث تجمد للمياه وفي المناخ الإستوائي تكون التغطية لمنع نمو الطحالب. في حالة المرشحات المكشوفة يحدث التفاعل الآتي بالتمثيل الضوئي .

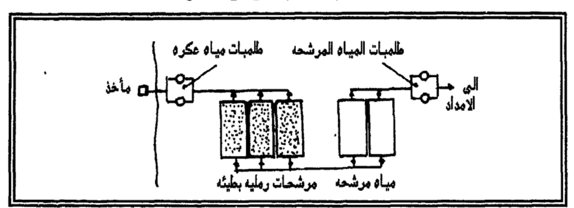
$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_2O + O_2$$

يتقدم التفاعل من اليسار إلى اليمين أثناء ساعات النهار حيث ينتج الأكسجين، أثناء الليل يكون التفاعل في الاتجاه العكسي حيث يستهلك الأكسجين. نتيجة لذلك يوجد اختلاف كبير في محتوي المياه المرشحة من الأكسجين حيث تكون كميات منخفضة جداً في الصباح مع احتمال وجود جيوب لاهوائية في طبقة الوسط الترشيحي الرملي. الطحالب التي تموت يمكن أن تحدث انسداد في طبقة الترشيح وتسبب اختصار للدورة الزمنية للمرشح. كثرة موت الطحالب (كما في فصل الخريف). يمكن أن يسبب المذاق والرائحة الغير مستساغة لمياه المرشحة. في المناخ القاري يكون النهار صغير نسبياً حوالي 12 ساعة، ودرجة حرارة الماء ثابتة نسبياً. لذلك فإن موت ونمو الطحالب سيحدث تقريباً بنفس المعدل. لذلك فإن السلبيات التي ذكرت هي الأقل تأثيراً بينما مميزات التنقية الذاتية يمكن استغلالها .

حالياً تنظم مختلف وحدات محطة المرشحات البطيئة في صفوف منتظمة على جانبي شريط من الأرض حيث توضع كل خطوط مواسير الدخول والخروج. يوجد ملحق للمرشح يحتوي على المحابس والعدادات والمعدات الضرورية الأخري للتشغيل اليومي والتحكم شكل (2/37).



شكل(36 / 2) أنواع قاع المرشح

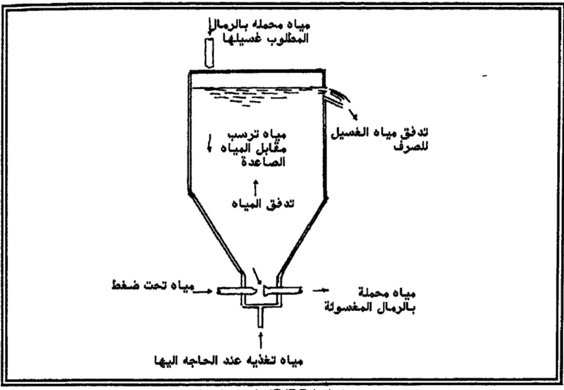


شكل (2/37) تنظيم محطة ترشيح بالمرشحات البطيئة

(4) التنظيف :

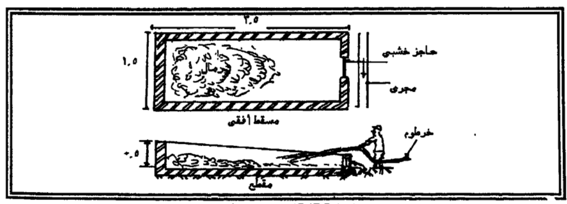
طريقة التنظيف للمرشح الرملي البطيء هي بكشط الرمال باستخدام أدوات يدوية لإزالة الطبقة العليا من الرمال المستخدمة بعمق من 1.5- 2 سم . خليط الرمال الذي تم كشطه والملوثات يتم تجميعها في أكوام أو جسور حيث تحمل إلى نهاية المرشح باستخدام معدات نقل يدوية . كما يمكن حملها من المرشح باستخدام سلات مربوطة بالحبال .

أحيانا يتم التخلص من الرمال المستخدمة واستخدامها في أعمال الردم وفي حالات أخرى يتم تنظيفها بالغسيل شكل (2/38 – 2/39)، إذا كان ذلك اقل تكلفة من شراء رمل جديد. لمنع التعفن يجب الغسيل الفوري للرمال بعد سحبها من المرشح. يجب الحرص في عدم فقد الكثير من الحبيبات الصغيرة من الرمال أثناء الغسيل .



شكل (2/38) غسيل الرمال

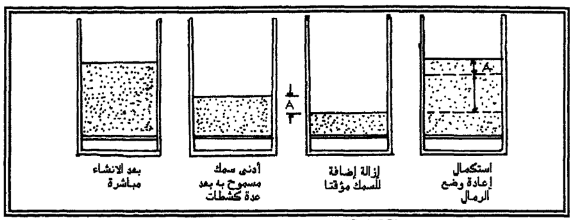
اختراق الملوث لطبقة الترشيح يحدث أساسا في الطبقات العليا. كشط الطبقة العليا يزيل كثيرا من الإنسدادات ولكن يظل بعضها في الطبقات العميقة لرمل المرشح. هذه الترسيبات تتراكم بالتدريج وكذلك تخترق بالتدريج إلى عمق طبقة الرمال. هذا يسبب مشكلة في حالة وجود الرمال في مكانها لمدة طويلة .



شكل (2/39) تجهيزه غسيل الرمال

عندما نصل إلى أدني سمك لطبقة المرشح بعد عمل عدة مرات لكشط الطبقة العليا من الرمال، يكون من الضروري إزالة 0.3 متر إضافية من رمل المرشح قبل إعادة وضع الرمل الجديد. طبقة الرمال المزالة تحتوي على كل الكائنات اللازمة للأداء البيوكيماوي للمرشح الرملي البطيء ويجب وضعها فوق الرمال الجديدة وذلك لتحسين عملية التسوية والنضج شكل (2/40).

التنظيف اليدوي الذي سبق توضيحه لا يحتاج إلى معدات خاصة أو مهارات خاصة ولكن في حالة المرشحات الكبيرة يلزم زيادة عدد العمالة. وفي حالة استخدام مختلف المعدات الميكانيكية فإنها لم تحقق نجاحات بالإضافة إلى التكلفة العالية وتعقيداتها وذلك في حالة الاستخدام في محطات المعالجة الصغيرة في الدول النامية.



شكل (40 / 2) اعادة وضع الرمال للمرشح الرملي البطيء

بـ- الترشيح السريع :

مقدمة :

إن الترشيح هو عملية تنقية المياه من خلال مرورها خلال مادة مساميه (أو مجال مسامي). بالنسبة للترشيح السريع، فإن الرمل هو المستخدم عادة كوسط ترشيحي ولكن العملية تختلف قليلاً عن الترشيح الرملي البطيء .

ذلك: لأن الرمال المستخدمة تكون حبيباتها أكبر وتكون ما بين 0.4 – 1.2 مم، ومعدل الترشيح يكون أعلى ويكون ما بين 5–15 متر مكعب/المتر المربع / الساعة (120– 360 متر مكعب / متر مربع / اليوم) .

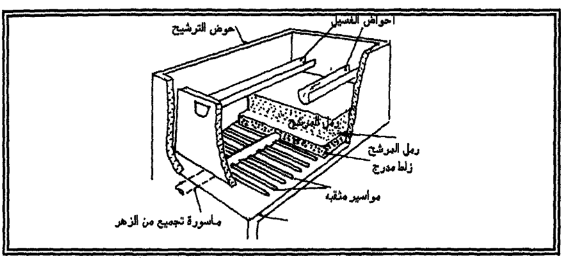
بسبب زيادة حجم حبيبات الرمال المستخدمة فإن مسام الوسط الترشيحي ستكون كبيرة نسبياً والملوثات الموجودة في المياه العكرة سوف تخترق إلى عمق كبير في طبقة الترشيح. لذلك فإن طاقة الوسط الترشيح في تخزين الملوثات المرسبة يكون أكثر تأثيراً في الاستفادة منه، لذلك فإن المياه السطحية شديدة العكارة يمكن معالجتها بالترشيح السريع. لتنظيف طبقة الرمال في المرشح السريع فإنه لا يكفي كشف الطبقة العليا. يكون التنظيف للمرشح الرملي السريع بالغسيل العكسي، أي

توجيه تدفقات بمعدل عالي من المياه خلال الوسط الترشيحي من أسفله حيث يتمدد ويتم تقليبه وتنظيفه. مياه الغسيل العكسي تحمل المواد المترسبة والمسببة لانسداد الوسط الترشيحي خارج المرشح. تنظيف المرشح الرملي السريع يمكن تنفيذه بسرعة، حيث لا يستغرق أكثر من حوالي النصف ساعة. يمكن عمله من آن لآخر عند الضرورة كل يوم .

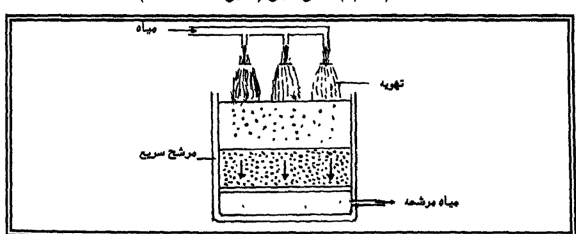
(1) تطبيقات الترشيح السريع :

توجد تطبيقات كثيرة للترشيح السريع في معالجة المياه لأغراض الشرب. في معالجة المياه الجوفية، يستخدم الترشيح السريع لإزالة الحديد والمنجنيز، لمساعدة عملية الترشيح تستخدم التهوية عادة قبل الترشيح لتكوين مركبات غير مذابة من الحديد والمنجنيز شكل (2/41- 2/42) .

في حالة المياه قليلة العكارة كما يحدث عادة لمياه البحيرات وأحياناً الأنهار، الترشيح السريع يمكنه إنتاج مياه نقية ولكن ما تزال تحتوي على كائنات حية مسببة للأمراض وفيروسات. عندئذ تكون المعالجة النهائية بمواد التطهير مثل الكلور ضرورية لإنتاج مياه آمنة بكترويولوجيا.



شكل (2/41) مرشح سريع (مفتوح يعمل بالجاذبية)



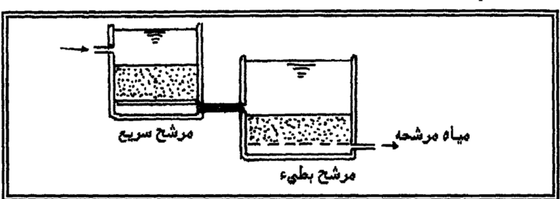
شكل (2/42) الترشيح السريع لمياه ثم تهويتها

عند معالجة مياه المجاري السطحية العذبة ذات العكارة العالية، فإنه يمكن استخدام الترشيح السريع كمعالجة مسبقة لخفض الحمل على المرشحات الرملية البطيئة التالية. شكل (2/43) أو أن تستخدم لترشيح المياه التي سبق معالجتها بالمروبات والترسيب شكل (2/44). فى مثل هذه الحالات تكون الكلورة النهائية مطلوبة.

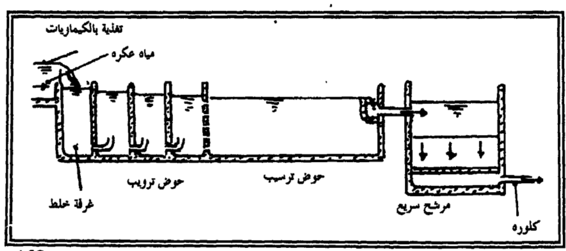
(2) أنواع المرشحات السريعة :

عادة تبني المرشحات السريعة حيث تمر المياه إلى أسفل الوسط الترشيحي بالجاذبية شكل (41-2). فى ظروف تشغيل معينة يكون من المناسب استخدام مرشحات سريع أخرى غير المرشحات المكشوفة. وأهم هذه الأنواع هى مرشحات الضغط، مرشحات التدفق العلوى، المرشحات ذات الوسط الترشيحى المتعدد.

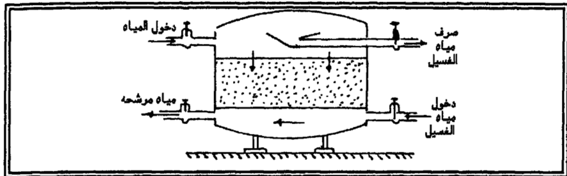
مرشحات الضغط: هي بنفس الإنشاء مثل مرشحات الجاذبية ولكن كلاً من الوسط الترشيحي وقاع المرشح منفصلين في إناء من الصلب محكم ضد تسرب المياه يعمل بالضغط. القوة الدافعة لعملية الترشيح هنا هي ضغط المياه على الوسط الترشيحي والذي يمكن أن يكون مرتفع بما يمكن من الحصول على أي فترة زمنية لدورة الترشيح. المرشحات التي تعمل بالضغط متوفرة عادةً كوحدة كاملة، حيث ليس من السهل إنشائها أو تشغيلها أو المحافظة عليها، لهذا السبب فإنها لا تناسب التطبيقات في وحدات معالجة المياه الصغيرة في الدول النامية .



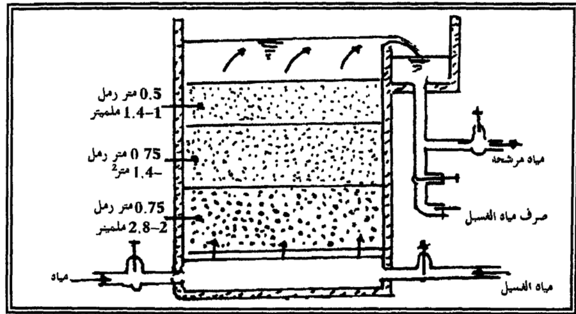
شكل (2 / 43) ترشيح سريع يلية ترشيح بطيء



شكل (44 / 2) الترشيح السريع بعد الترغيب والترويب والترسيب



شكل (45 / 2) مرشح الضغط



شكل (46 / 2) مرشح التدفق العلوي

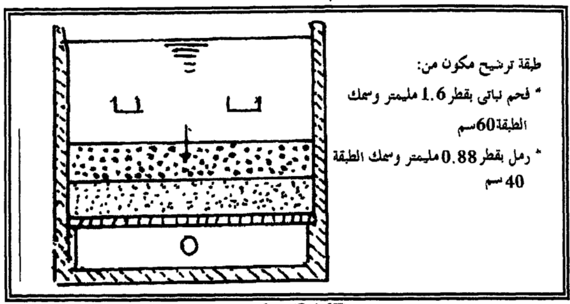
*** مرشح التدفق العلوى:**

يتم مرور المياه للترشيح من طبقات الزلط (الحجم الكبير للحبيبات) إلى طبقات الرمل (الحجم الصغير للحبيبات). تقوم طبقة الوسط الترشيحي ذات الحبيبات الكبيرة بترشيح جزء كبير من المواد العالقة، حتى من المياه العكرة الخام، مع عدم الزيادة الكبيرة في مقاومة طبقة الترشيح، بسبب المسام الكبيرة. الطبقات العليا ذات الحبيبات الصغيرة لها مسام أقل، حيث تزداد هنا مقاومة المرشح ببطء حيث المتبقي من الملوثات اللازم ترشيحه قليل. في مرشحات التدفق العلوي، تستخدم الرمال كوسط ترشيحي مستقل. وقد تستخدم مرشحات التدفق العلوي أحياناً للمعالجة المسبقة للمياه التي يتم تنقيتها لاحقاً بالمرشحات التي تعمل بالجاذبية (المرشحات السريعة) أو بالمرشحات الرملية البطيئة. في مثل هذه الحالات، تعطى مرشحات

التدفق العلوي نتائج جيدة وقد تكون مناسبة للاستخدام في محطات المعالجة الصغيرة .

السلبية الوحيدة هي أن المقاومة المسموح بها فوق مرشح التدفق العلوي لا تزيد عن الوزن المغمور من طبقة المرشح. مع استخدام الرمل كوسط ترشيحي، فإن ضغط المقاومة يساوي تقريبا سمك طبقة الترشيح. في حالة المياه شديدة العكارة فإن زمن دورة الترشيح ومعدل الترشيح يكونا محدودين جداً.

*** المرشحات متعددة الوسط الترشيحي (شكل (47-2) :**



شكل (47 / 2) طبقة الترشيح المزدوج

المرشحات متعددة الوسط الترشيحي مرشحات ذات التدفق لأسفل والتي تعمل بالجاذبية حيث يكون الوسط الترشيحي مكون من عدة مواد مختلفة تكون موضوعة ولتكون ذات الحبيبات الكبيرة إلى ذات الحبيبات الصغيرة في اتجاه التدفق. في حالة المرشحات السريعة ذات الطاقة الصغيرة يستخدم عادة مادتين معا حيث تكون الطبقة السفلي من الرمل بسمك 0.3-0.5 متر والقطر المؤثر له 0.4 – 0.7 مم، يعلو هذه الطبقة الرملية طبقة من فحم الأنثراثيت (الفحم النباتي) ذات قطر مؤثر 1 –1.6 مم . يعتبر استخدام المرشحات متعددة الوسط الترشيحي ممتاز في حالة المعالجة النهائية وعند توفر المواد المناسبة محلياً، كما يمكن أن يؤخذ في الاعتبار التطبيق العملي لهذه التقنية على مستوى المحطات الصغيرة .

(3) اعتبارات نظرية :

الإزالة الكاملة للملوثات من المياه عند استخدام المرشحات السريعة، تتم من خلال عدة عمليات مختلفة أهم هذه العمليات هو التصفية، الترسيب، الادمصاص، العمليات البكتيرية والبيوكيماوية. وهذه هي نفس العمليات التي سبق وصفها في

المرشح الرملي البطيء. ولكن في الترشيح السريع تكون طبقة الوسط الترشيحي ذات قطر أكبر ومعدل الترشيح يكون أعلا بكثير (حتى 50 ضعف المعدل في المرشح الرملي البطئ) هذه العوامل تغير الأهمية النسبية لعمليات التنقية المختلفة .

التصفية للملوثات في المرشح السريع ليست هامة بسبب كبر حجم المسام في الوسط الترشيحي . الترسيب لا يكون مؤثر بسبب المعدل العالي للترشيح. لذلك فإن الملوثات التي تحتجز بالتصفية والترسيب تكون أقل عن حالة استخدام المرشح البطئ. خاصة الطبقات العليا للوسط الترشيحي تكون أقل تأثيراً بدرجة كبيرة حيث أن الملوثات ستخترق العمق للوسط الترشيحي في المرشح السريع .

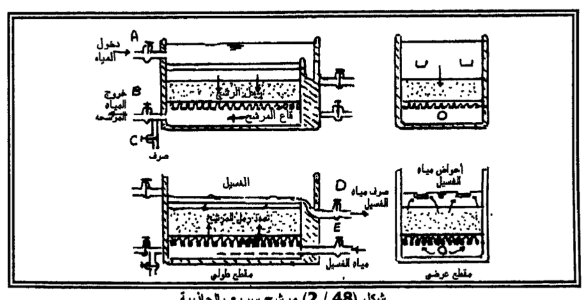
أهم عامل في التأثير على التنقية هو ادمصاص الملوثات ذات الشحنة الكهربية المختلفة عن الشحنة الكهربية لحبيبات الوسط الترشيحي. في المرشح السريع تكون الشحنة الطبيعية الأستاتيكية لمادة الترشيح بسبب الشحنات الكهربية الحركية الناتجة عن معدل التدفق العالي للمياه. الجسيمات ذات الشحنة (الأيونات) تدفع بعيداً عن حبيبات الوسط الترشيحي وتكون النتيجة ترك هذه الحبيبات بشحنة مخالفة.

هذا التأثير الكهربي يعمل على تقوية عملية الادمصاص. في المرشح الرملي البطيء تظل المياه عدة ساعات في طبقة رمل الترشيح، ولكن بالنسبة للترشيح السريع فإن المياه تمر في عدة دقائق فقط .

في المرشح السريع، الانسداد من تراكم المواد العضوية يزال من آن لأخر عند تنظيف المرشح بالغسيل. يوجد وقت قصير جداً وفرصة لحدوث أي تحلل بيولوجي للمواد العضوية أو موت للكائنات الحية الممرضة أو الفيروسات. النشاط البكترويولوجي والبيوكيماوي الضعيف للمرشح السريع عموماً لا يكون كافيا لإنتاج مياه آمنة بكتريولوجيا ولذلك فإن المعالجة التالية للمياه المرشحة بالمرشح السريع أما بالكلورة أو بالترشيح خلال المرشح الرملي البطيء لازمة لإنتاج مياه آمنة للشرب والاستخدام المنزلي.

(4) التشغيل والتحكم في المرشح السريع :

تشغيل المرشح :



شكل (48 / 2) مرشح سريع بالجاذبية

تشغيل المرشح السريع الذي يعمل بالجاذبية موضح في الشكل (2/48). أثناء الترشيح تدخل المياه المرشح خلال المحبس (A)، وتتحرك إلى أسفل خلال طبقة المرشح الرملية، تمر من نظام التصريف السفلي (قاع المرشح) ثم تتدفق إلى الخارج خلال المحبس (B) . بسبب الانسداد التدريجي للمسام فإن مقاومة طبقة الترشيح الرملية ضد المياه المتدفقة لأسفل ستزداد تدريجياً. وهذا يقلل من معدل الترشيح إلا في حالة تعويض هذه المقاومة، بزيادة منسوب المياه فوق طبقة الترشيح. أحيانا تصمم المرشحات السريعة لتعمل لمنسوب ثابت للمياه العكرة فوق طبقة الترشيح والذي يتطلب تجهيز المرشح بجهاز التحكم في معدل التشريح على خط دخول المياه أو على خط خروُج المياه . وأجهزة التحكم في معدل الترشيح هذه توفر ضبط المقاومة لتدفق المياه، حيث تنفتح بالتدريج آليا لتعويض زيادة مقاومة ضغط طبقة الترشيح ولذلك تعمل على ثبات ظروف التشغيل للمرشح السريع.

عندما يكون بعد بعض الوقت من التشغيل أن جهاز التحكم في الترشيح مفتوح كاملا فإنه لا يمكن تعويض الإنسداد التالي لطبقة الترشيح وسينتج عن ذلك انخفاض معدل الترشيح. عندئذ يتم خروج المرشح من الخدمة لعمل الغسيل والنظافة. لعمل ذلك فإنه يتم قفل المحابس (a)، (b) ويفتح الحبس (D) لصرف المياه المتبقية خارج المرشح. بعد عدة دقائق يتم فتح المحبس (E) لدخول مياه الغسيل. مياه الغسيل يجب أن تكون مرتفعة لتمدد طبقة الترشيح بما يمكن من نظافة حبيبات المرشح. ومواد الانسداد المتراكمة تحمل بعيدا مع مياه الغسيل. يتم تجميع مياه الغسيل في أحواض مياه الغسيل حيث تصرف بعد ذلك. عند اكتمال الغسيل يقفل المحابس (E)، (D) وإعادة فتح المحبس (A) ليسمح بدخول المياه العكرة لبدء دورة ترشيح جديدة .

بالنسبة لنظافة حبيبات رمل الترشيح فإن عملية الغسيل قد تكون غير كافية لنظافة حبيبات الرمل على المدي الطويل. عندئذ يكون المطلوب هو توفير أداء إضافي للنظافة وذلك باستخدام الماء والهواء معا في عملية الغسيل. ولكن هذه الطريقة تعتبر معقدة ولا يوصى باستخدامها في محطات المعالجة الصغيرة.

التحكم في المرشح :

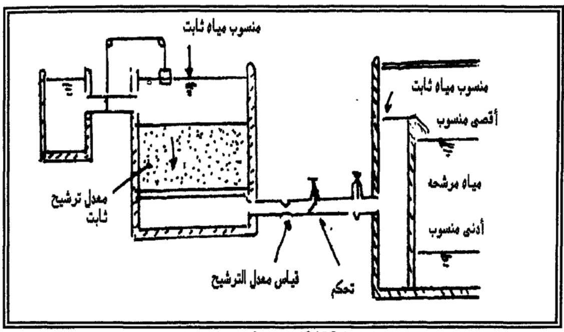
توجد أنواع متعددة من التحكم في معدل الترشيح وهي تجهيزات التحكم في معدل دخول المياه العكرية(تساوي التوزيع) التحكم في خروج المياه المرشحة (محابس ضبط المناسيب، محابس التدفق الزائد، السيفونات). أساساً نظم التحكم في معدل الترشيح يمكن ان تنقسم إلى ثلاث مجموعات :

"1" في كل مرشح يتوفر جهاز تحكم خاص والذي يحافظ على ثبات معدل المياه المرشحة عند المعدل المطلوب.

"2" التدفق الكلي للمياه خلال المرشح يتم التحكم فيه بواسطة معدل سحب المياه من المآخذ أو كبديل بمعدل سحب المياه المرشحة.

"3" نفس الطريقة السابقة في (2)، ولكن وحدات الترشيح تعمل مستقلة بالمعدلات المتناقصة .

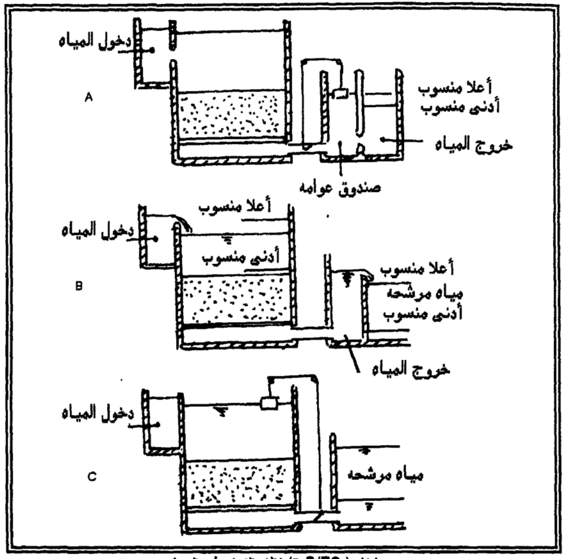
أجهزة التحكم المستقلة تسمح لكل مرشح بالعمل عند أقصى معدل ترشيح شكل (2/49) وهذه الميزة ليست كبيرة نظراً لأن هذه الأجهزة مكلفة وليس من السهل صيانتها.



شكل (2/49) التحكم في معدل الترشيح

نظم التحكم في المرشحات باستخدام التوزيع المتساوي للمياه العكرة (توزيع التدفقات) على المرشحات أو باستخدام السحب المنتظم للمياه المرشحة تستخدم على نطاق واسع في أوروبا، أمريكا الشمالية. يمكن استخدام عدة طرق. الطريقة الموضحة في الشكل (2/50) (B).

أبسط هذه الطرق حيث لا توجد أجزاء متحركة على الإطلاق. في هذا النوع تدخل المياه إلى المرشح من خلال هدار بالنسبة لكل المرشحات تكون قمة الهدار في منسوب واحد. الماسورة الحاملة للمياه العكرة إلى المرشحات يجب أن توفر تدفقات المياه بدون أى فقد في الضغط. منسوب المياه فيها يكون عمليا هو نفسه عند المدخل لكل هدار .



شكل (2/50 B) نظام التحكم في المرشح

بذلك يكون معدل التدفق عند كل هدار متساوي وبذلك تكون التغذية بالمياه العكرة لكل مرشح مقسمة بالتساوي. يمكن التحكم في جميع المرشحات معاً بمعدل التغذية بالمياه العكرية.

في الإمكان ضبطها بسرعة طبقاً لمتطلبات المياه المرشحة. في هذا التنظيم سيكون هناك اختلاف واضح في منسوب المياه العكرة في المرشحات والذي يكون غير مرغوب فيه. عندئذ يكون التنظيم الموضح في الشكل (2/50) (C) هو المفضل. في هذا تستخدم عوامة التجكم في المحبس لتثبيت منسوب المياه العكرة في كل مرشح.

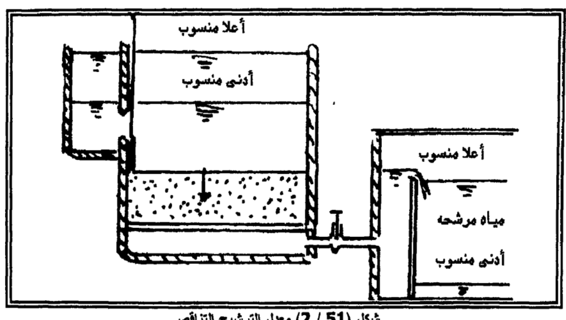
تستخدم المرشحات السريعة كثيراً في معالجة المياه التي سبق معالجتها بالمروبات، (التزغيب والترويب والترسيب) عندئذٍ فإنها تقوم بحجز الزغبات التي

لم تحتجز في حوض الترسيب. أي تحلل لهذه الزغبات يجب عدم حدوثه وهدارات الدخول التي سبق ذكرها ليست مناسبة في هذه الحالات .

التنظيم الموضح الشكل (2/50) (A) سيكون أفضل بكثير. حيث يجهز كل مرشح بصندوق عوامة حيث يكون منسوب المياه فيه ثابت، وفي نفس المنسوب لكل المرشحات، مع عوامة التحكم في المحبس. قناة الخروج يجب أن تكون متسعة لتأكيد تساوي منسوب المياه عند مخرج كل مرشح. عندئذ يكون معدل الإنتاج الكلي لكل المرشحات معاً يمكن التحكم فيه بالمعدل الذي يتم به سحب المياه المرشحة .

(5) الترشيح بالمعدل المتناقص :

عند استخدام أجهزة التحكم في معدل الترشيح، فإن الترشيح سيحدث بمعدل متناقص . تصميم المرشحات ذات المعدل المتناقص أبسط بكثير عن المرشحات التي تعمل بالتحكم في المعدل. يمكن استخدام محبس قفل أو جهاز القياس بالتوقف للتحكم في المرشح شكل (2/51) .



شكل (51 / 2) معدل الترشيح التناقصي

كل المرشحات تكون بوصلة واحدة لكل من المياه العكره والمياه المرشحة كل المرشحات يكون لها نفس منسوب المياه ومنسوب المياه المرشحة، بما يجعل كل المرشحات تعمل تحت نفس الضغط. ولكن معدل التشريح لمختلف المرشحات سيكون مختلف. حيث يكون مرتفع بالنسبة للمرشح التي تم غسيله ومنخفض للمرشح الذي مازال في دورة الترشيح لفترة طويلة .

بالنسبة لكل المرشحات معاء فإن الإنتاج يتحدد طبقا للإمداد بالمياه العكرية ,الذي يكون مرتفع ليحقق متطلبات المياه المرشحة. أثناء الترشيح يحدث انسداد

تدريجي لطبقة الوسط الترشيحي الرملية بما يترتب عليه ارتفاع منسوب المياه العكره في كل المرشحات بسبب زيادة المقاومة ضد تدفق المياه في طبقة الترشيح.

المرشح الذي ظل في العمل لأطول فترة زمنية من المحتمل أن يصل إلى أعلى منسوب المياه العكرة المسموح به أولاً، وتحتاج إلى النظافة بالغسيل. بعد الغسيل سيكون هذا المرشح له أدني مقامة لتدفقات المياه في المرشح لذلك فإنه يصل إلى هذا المرشح جزء•كبير من إمدادات المياه العكره. الحمل على المرشحات الأخري ينخفض مؤقتا.

فى هذا الوقت سيحدث لها انخفاض في تدفقات المياه اليها أي انخفاض في منسوب المياه فوق الوسط الترشيحي، ولكن بعد ذلك حيث يحدث الانسداد في طبقات رمل المرشح سيعمل على رفع منسوب المياه ثانياً. عندما يصل منسوب المياه في المرشح الثاني إلى أقصاه فإنه يتم غسيله وهكذا.

في حالة عدم اتخاذ إجراءات خاصة، يمكن أن يكون معدل الترشيح في المرشح الذي يعمل بالمعدل المتناقص بعد الغسيل مرتفع جداً، حيث تصل إلى 25 متر مكعب / المتر المربع / الساعة، والذي هو أكبر بكثير عن متوسط المعدل 5-7 متر مكعب / المتر المربع / الساعة . عندما يكون من الضروري تحديد معدل الترشيح للمحافظة على نوعية المياه المرشحة، فإنه يجب تثبيت تجهيزه إضافة لمقاومة التدفق (مثال، ثقب) في خط دخول المياه.

(6) الاعتبارات التصميمية :

لتصميم المرشح السريع يتم تعيين أربعة عناصر وهي :

*حجم حبيبات مادة الوسط الترشيحي .

* سمك طبقة الوسط الترشيحي .

* عمق المياه فوق الوسط الترشيحي .

* معدل الترشيح .

هذه العناصر التصميمية يفضل أن تكون مبينة على أساس الخبرة التي تتوفر في المحطات الموجودة التي تعالج نفس النوعية من المياه أو مشابهه لها . في حالة عدم توفر هذه الخبرة، فإن التصميم يجب أن يبني على النتائج المتحصل عليها من التجارب على المرشحات التجريبية (أنظر المحلق).

(7) تنظيم الغسيل العكسي :

تنظيف المرشح السريع بالغسل العكسى، أي توجيه تدفقات المياه النظيفة إلى أعلى خلال طبقة الترشيح لفترة زمنية من عدة دقائق. يمكن استخدام المياه المرشحة التي تم ضخها مسبقا في خزان مرتفع أو باستخدام المياه المرشحة من

مرشح آخر في التشغيل مباشرة. سرعة تدفق المياه لأعلي يجب أن تكون مرتفعة بما يجعل الترسيبات المتراكمة تتفكك نتيجة تمدد طبقة الترشيح الرملية وبذلك يسهل حمل هذه الملوثات مع مياه الغسيل شكل (2/52).

بالنسبة لطبقة الترشيح الرملية (الكثافة النوعية 2.65 جرام / سم^3) يكون المعدل المناسب للغسيل العكسي والذي يعطي 20% تمدد كما في الجدول (6)

جدول (6) معدل الغسيل العكسي المناسب :

C \ D	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2
	معدل الغسيل م^3 / م^2 / الساعة								
10°م	12	17	22	28	34	40	47	54	62
20 °م	14	20	26	33	40	48	56	64	73
30°م	16	23	60	38	47	56	65	75	86

D = متوسط قطر حبيبات الوسط الترشيحي .

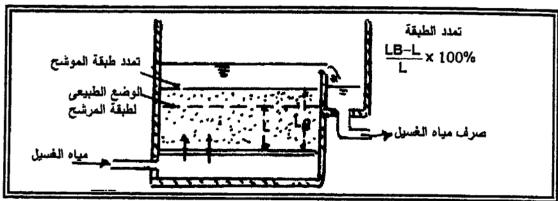
C = درجة حرارة مياه الغسيل .

في حالة توفير مياه الغسيل بالطلمبات، يستخدم عادة ثلاث طلمبات (في المحطات الصغيرة يستخدم طلمبتين) حيث تكون واحدة في الاحتياط. بالنسبة لمعدل الغسيل العالي والمساحات الكبيرة لطبقة الترشيح فإن هذه الطلمبات يجب أن تكون ذات طاقة كبيرة. لذلك فإن إنشاءها وتشغيلها سيكون مكلف. عندئذٍ يفضل استخدام خزان لمياه الغسيل الموضح في الشكل (53/ 2) حيث يمكن استخدام طلمبات صغيرة لملئ الخزان أثناء الفترة بين دورات الغسيل المتتالية. يكون الخزان بطاقة ما بين 3-6 متر مكعب / المتر المربع من مساحة طبقة الترشيح ويكون مرتفع بحوالي 4- 6 متر فوق منسوب المياه في المرشح.

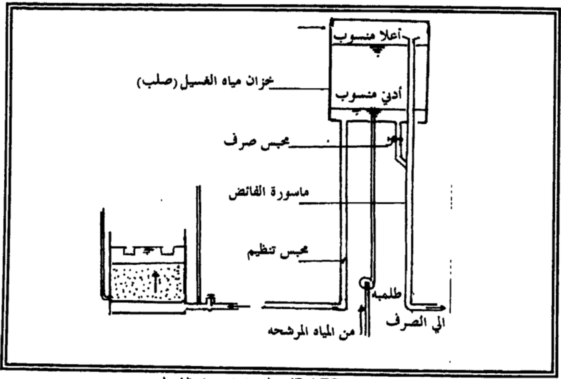
عادة تستخدم ثلاث طلمبات لضخ المياه في خزان مياه الغسيل منهم طلمبة في الاحتياط. الطاقة الإجمالية لتشغيل طلمبتين تكون حوالي 10- 20 % من معدل التدفق للإمداد بمياه الغسيل. ليس هناك حاجة إلى خزان خاص بمياه الغسيل وذلك في حالة سحب مياه الغسيل من خزان المياه المرشحة. ولكن قد يسبق ذلك اضطراب في شبكة التوزيع بسبب الإمداد المتقطع بالمياه. الحل البسيط هو بزيادة عمق المياه فوق طبقة الترشيح مع تحديد أقصى مقاومة للمرشح. المياه المرشحة عندئذٍ ستكون متاحة عند ضغط من 1.5- 2 متر فوق طبقة المرشح وهذا يكون كافياً. وحدات الترشيح العاملة في محطة المرشحات يجب أن توفر المياه الكافية لمطالب الغسيل. لهذا السبب، فإن محطة الترشيح السريع المستخدمة لهذا النظام يجب أن تحتوي على ما لا يقل عن ستة وحدات ترشيح.

تدخل مياه الغسيل من الجانب السفلي بطبقة الترشيح خلال نظام التصريف (قاع المرشح). لتوفير تدفق مياه الغسيل بانتظام على كل مساحة طبقة المرشح، فإن نظام التصريف السفلي يجب أن يوفر المقاومة الكافية ضد مرور مياه الغسيل (عادة من 0.6 – 1.0 متر ضغط).

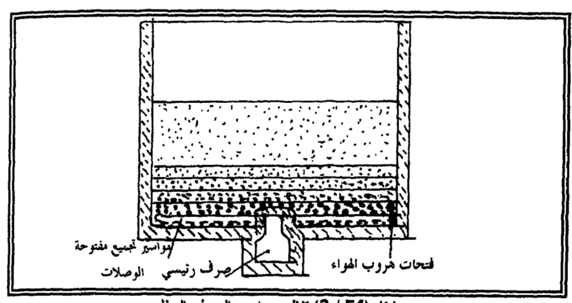
المستخدم عادة في نظم التصريف السفلي حيث تكون من مواسير عرضية بفواصل 0.2 متر، ومتصلة بماسورة تجميع رئيسية شكل (54). المواسير الفرعية مجهزة بثقوب في الجانب السفلي، ذات قطر حوالي 10 مم. المستخدم عادة في هذه المواسير الفرعية هي المواسير من البلاستيك، الصلب أو من الأسبستوس الأسمنتى.



شكل (52 / 2) غسيل المرشح السريع



شكل (53 / 2) تنظيم خزان مياه الغسيل



شكل (54 / 2) تنظيم مواسير الصرف السفلي

لمنع مواد الترشيح الرملية من دخول المواسير الفرعية خلال الثقوب، فإن طبقة الترشيح الرملية تكون محملة على طبقة من الزلط الخشن والتي تكون ثابتة عند ضخ مياه الغسيل من ثقوب التصريف السفلي. كمثال رمل المرشح بقطر مؤثر 0.7- 1 مم يحتاج إلى أربع طبقات زلطية من أعلا إلى أسفل كالآتي :

0.15 متر ×2 – 2.5 مم، 0.1 متر × 5.6 –8 م، 0.1 متر × 16 –23 مم، 0.2 متر × 38–54 مم. إجمالي الطبقة الزلطية سيكون بعمق 0.55 متر. بعد المرور من طبقة الترشيح، فإن مياه الغسيل الحاملة للملوثات تجمع وتصرف في أحواض جمع مياه الغسيل .

مسافة رحلة مياه الغسيل (المحملة بالملوثات) الأفقية إلى الحوض يجب تحديدها بحوالي 1.5 – 2.5 متر. توضع أحواض جمع مياه الغسيل حيث قمتها أعلى من طبقة الرمال قبل التمدد بمسافة 0.5 –0.6 متر، ومساحة مقطعها تحقق الصرف الحر عند نهاية الحوض حيث يكون عمق الماء حر للصرف شكل (55–2).

الجدول (7) يبين معدلات التدفق لمياه الغسيل (Q) لكل من عمق التدفق لمياه الغسيل (H) وعرض حوض مياه الغسيل (B)

جدول (7) طاقة التحميل لأحواض الغسيل (لترات في الثانية)

H عمق تدفق مياه الغسيل في الحوض	عرض الحوض		
	0.25 متر	0.35 متر	0.45 متر
0.25 متر	30	40	52
0.35 متر	53	75	96
0.45 متر	82	115	141

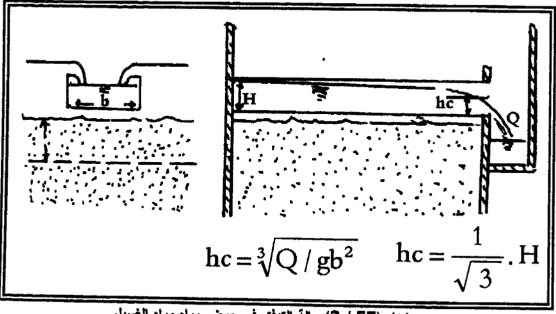
يمكن وضع أحواض مياه الغسيل بعدة أشكال الشكل (2/56) يوضح بعض هذه الأشكال .

من الناحية العملية وعند استخدام الرمال الرفيعة ذات حجم الحبيبات حوالي 0.8 مم، فإن قوة الغسيل للمياه الصاعدة قد تكون غير مناسبة لاستمرار نظافة حبيبات المرشح على المدي الطويل. بعد بعض الوقت قد تصبح مغطاه بطبقة لزجة من المواد العضوية.

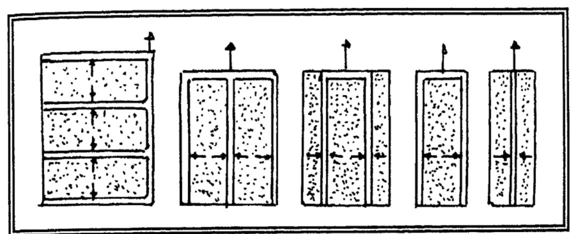
وهذا قد يسبب مشاكل مثل تكون الكرات الطينية وتكون الشقوق في طبقة الترشيح شكل(2/57). يمكن منع حدوث هذه الظاهرة بإضافة عامل نظافة آخر وهو الغسيل بالهواء عندئذٍ يبدأ غسيل المرشح باستخدام الهواء بمعدل 30-50 متر في الساعة، عادة مع مياه الغسيل بمعدل 10-15 متر في الساعة.

هذا يمكن من الإزالة لطبقة الغطاء من على سطح الحبيبات وتحمل المواد التي تفككت بواسطة مياه الغسيل التي تلي هذه المرحلة من الغسيل. لعمل الغسيل بالهواء يلزم وجود نظام مواسير مستقل المثال في الشكل (2/58). يجب معرفة أن الغسيل باستخدام الهواء والماء معقد جداً وذلك بالنسبة لمحطات معالجة المياه الصغيرة.

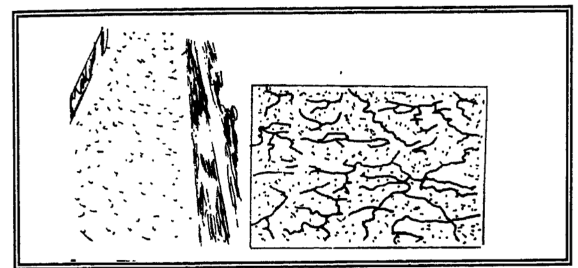
تنظيم مناسب للتغذية بالماء والهواء للغسيل موضح في الشكل (2/59). يبدأ الغسيل بالسماح للمياه من الغرفة رقم (1) بالتدفق إلى الغرفة رقم (2) الهواء في الغرفة رقم (2) ينضغط وبتحرك لتنظيف المرشح. عندئذ المياه المجمعة في الغرفة رقم (2) تستخدم في غسيل المرشح.



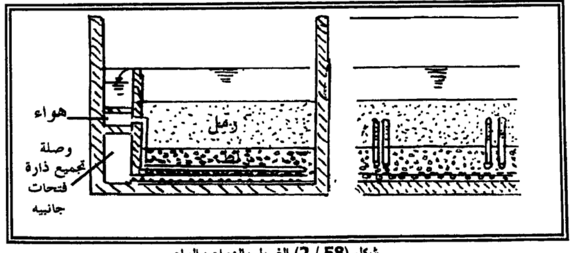
شكل (2 / 55) حالة التدفق في حوض مياه الغسيل



شكل (56 / 2) تنظيم أحواض مياه الغسيل



شكل (57 / 2) كرات الطين وتشققات المرشح



شكل (58 / 2) الغسيل بالهواء والماء

8) المخطط العام لمحطة المرشحات السريعة :

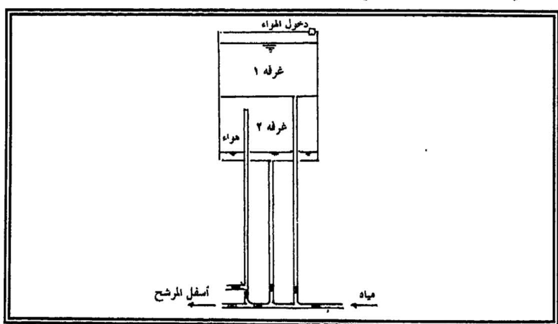
تتكون محطة المرشحات السريعة من عدد من المرشحات لا يقل عن 2، كل مرشح له مساحة (A). عندما يكون احد المرشحات خارج الخدمة للغسيل، فإن باقي المرشحات يجب أن تكون قادرة على توفير الطاقة المطلوبة (Q) عند معدل الترشيح الذي يتم اختياره (R). ويعبر عن هذا بالمعادلة :

$$Q = (n-1)\, A\, X\, R$$

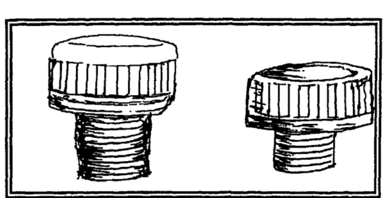
بالنسبة للمحطات الصغيرة فإن الاختيار محدود بالنسبة للعلاقة بين(A)، (n)، ولكن في حالة المحطات الكبيرة فإن الاختيار يتحدد طبقا لأقل التكاليف . كخطوة تصميم تجريبية، فإن مساحة طبقة رمل المرشح (A) مقيمة بالمتر المربع يمكن أن تكون حوالي 3.5 ضعف عدد المرشحات (n).

لغرض التوفير في الإنشاء والتشغيل، تكون المرشحات موضوعة في مجموعات متلاصقة مع توفر خطوط مواسير دخول المياه أو خروج المياه أو خطوط التغذية بالكيماويات لتكون قصيرة ما أمكن. ذلك مع الأخذ في الاعتبار احتمالات التوسع المستقبلي كمثال الشكل (2/62).

الخدمات العامة مثل طلمبات الغسيل الخزانات، التغذية بالكيماويات توضع في مبني الخدمة الذي يحتوي كذلكُ المكتب، المعمل، المخازن، التخزين وتداول الكيماويات، الشئون الصحية. كثير من التصميمات تضع مبني الخدمات في المنتصف بينما توضع صفوف المرشحات على الجانبين للمبني من طابقين الطابق العلوي يكون للتشغيل والسفلي للمواسير.



شكل (59 / 2) تنظيمي الغسيل بالماء والهواء



شكل (60/ 2) مصافي مصنعة من البلاستك

(9) الإنشاء :

كما سبق توضيحه فإن المرشح السريع يتكون من حوض يحتوي على نظام تصريف سفلي، وطبقة رمل المرشح والمياه فوق طبقة المرشح. عادة يصنع حوض المرشح من الخرسانة المسلحة ويكون مستطيل وحوائطه عمودية. تصميم المنشأ الخرساني يتبع القواعد العامة هذا بالإضافة إلى أن المنشأ يجب أن يكون مانع لنفاذ المياه، مع مراعاة تغطية أسياخ التسليح بالخرسانة لحماية معدن الحديد من التآكل كما يراعى وجود فواصل بين الأسياخ لتحاط كاملا بالخرسانة.

أي إجهادات في الخرسانة تسبب الجفاف، الانكماش، التغير في درجات الحرارة، أو الاختلاف في هبوط التربة يجب أن تكون محدودة كلما أمكن ذلك، ويتم هذا بتقسيم المنشأ إلى مقاطع مستقلة متصلة بوصلات تمدد مانعة لنفاذ المياه كما أن الخلطة الخرسانية ووضعها يجب أن تحقق عدم نفاذية المياه، مع انخفاض الانكماش عند الجفاف، ما أمكن .

لا يستخدم أي دهان خارجي بالجبس. لمنع قصر الرحلة لتدفقات المياه على طول حوائط حوض الترشيح، فإن الحائط الداخلي للمرشح المواجه للطبقة الرملية يجب أن يزود بزوايد خشبية موضوعة أفقيا كلما أمكن. يكون المرشح في أرض مرتفعة وبعيداً عن خط المياه الجوفية .

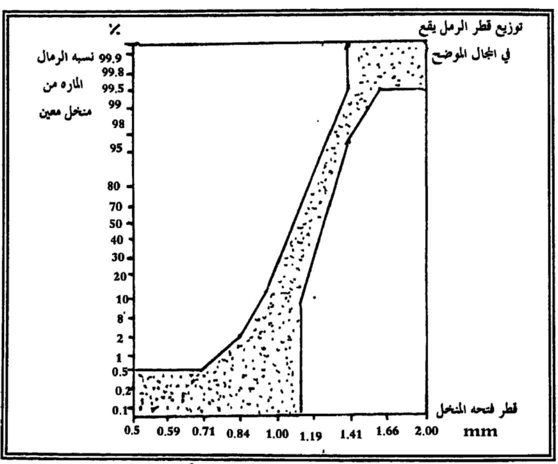
كثيراً من نظم الصرف السفلي إمَّا أن تكون مكلفة أو لا تقدر على توفير التوزيع المتساوي لمياه الغسيل على كل الجانب السفلي لطبقة رمل الترشيح. النظام البسيط الذي سبق شرحه باستخدام المواسير المثبتة يمكن إنشاؤه بما يحقق التوزيع الجيد للمياه .

الحل الآخر: هو نظام التصريف السفلي والذي يتكون من بلاطات خرسانية سابقة التجهيز أبعادها 0.6 متر × 0.6 متر مرفوعة على أعمدة خرسانية قصيرة هذه البلاطة مجهزة بثقوب قطر الثقب حوالي 60 سم^3، حيث يثبت في هذه الثقوب مصافي شكل (60).

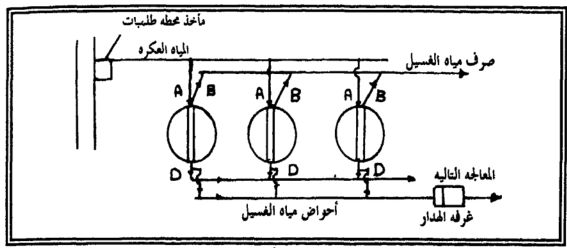
الفتحات في هذه المصافي طولية وباتساع 0.5 مليمتر، بما يوفر المقاومة الكافية عند مرور مياه الغسيل، وذلك لحسن توزيع المياه. نظام التصريف السفلي هذا يسمح بوضع رمل المرشح فوق قاع المرشح مباشرة المثبت عليه المصافي (من البلاستك)، وفي هذه الحالة فإن طبقات الزلط لحمل الوسط الترشيحي الرملي يتم الاستغناء عنها .

عند استخدام الرمل في الوسط الترشيحي فإنه يجب ملاحظة منع التصنيف الهيدروليكي أثناء الغسيل حيث يمكن دفع الحبيبات صغيرة الحجم إلى أعلى الحبيبات كبيرة الحجم في قاع طبقة الترشيح، لذلك فإنه يلزم استخدام رمل المرشح المتجانس في القطر كلما أمكن ذلك.

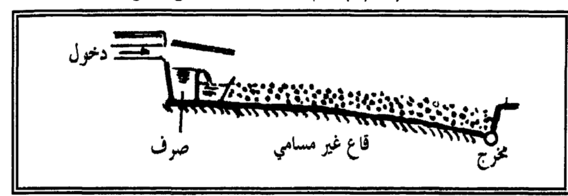
يجب أن يتوفر في الرمل معامل تجانس أقل من 1.7 ويفضل أن يكون 1.3 متطلبات التدرج لرمل المرشح يتحدد كأقصي وأدني نسبة من الرمال التي تمر بمختلف فتحات المنخل القياسي. لتوضيح هذا يتم بالمخطط الموضح في الشكل (2/61).



شكل (61 / 2) مواصفات رمل المرشح للمعالجة المسبقه لمياه النهر



شكل (62 / 2) تنظيم محطة مرشحات بالترشيح السريع



شكل (63 / 2) مرشح زلطي أفقي

(10) الترشيح السريع على مستوى القرية :

نظراً لما يتطلبه الترشيح الرملي السريع من تعقيدات في التصميم والإنشاء والحاجة إلى التشغيل بواسطة كوادر مؤهلة، فإنه لا يكون مناسباً للاستخدام على مستوى القرية. وهذا النظام يناسب معالجة المياه العكرة من مصادر المجاري السطحية وإن كانت المياه المرشحة غير آمنة بيولوجياً لذلك فإنها تحتاج إلى التطهير باستخدام الكلور وبما يصاحب ذلك من مصاعب .

لذلك يكون من المفضل استخدام الترشيح الرملي البطيء وإن كان هذا يصاحبه الانسداد السريع نتيجة العكارة الموجودة في الماء. يمكن إزالة المواد العالقة من المياه العكرة من خلال عمليات مختلفة مثل التخزين،الترغيب والترويب والترسيب.

ولكن الترشيح السريع هو الذي يمكنه إنتاج مياه رائقة ذات عكارة أقل من 5 بمقياس نيفيلومترى. وهذا يسهل العملية التالية لأي مرشح بطيء. يوجد بعض الاعتراضات ضد هذا التطبيق للمرشحات السريعة. استخدام الترشيح السريع في

إزالة الحديد والمنجنيز من المياه الجوفية يشكل بعض المشاكل الصحية لاحتمالات وجود الملوثات في المياه المعالجة.

بفرض معدل استخدام المياه 40 لتر في اليوم للفرد . ستكون طاقة الترشيح المطلوبة لعدد 10000 شخص 400 متر مكعب / اليوم أو 40 متر مكعب في الساعة لمدة 10 ساعات تشغيل يومي. بمعدل تحميل يومي 5 متر /الساعة، يكون المطلوب 8 متر مربع مساحة للترشيح والتي يمكن توفيرها في ثلاث مرشحات كل مرشح بقطر 2 متر (مرشح في الاحتياط).

نظام التصريف السفلي يمكن ان يكون من المواسير العرضيه المثقبه المغطاه بطبقات متدرجة من الزلط، أو كسر الأحجار. عند استخدام الرمل الخشن فإنه يلزم تدرجه باستخدام المناخل المناسبة. يكون التدرج في حدود 0.8 مم ــ 1.2 مم، من 1.0 مم إلى 1.5 مم في المرشحات المستخدمة في إزالة الحديد والمنجنيز .

سمك طبقة الرمل للمرشح السريع تكون واحد متر وفي حالة استخدامه لإزالة الحديد والمنجنيز يكو ن سمك طبقة رمل المرشح 1.5 متر. في حالة استخدام مواد أخرى غير الرمال مثل الحجر الجيري أو الدولوميت أو كسر الأحجار أو الطوب، في هذه الحالة يكون حجم التدرج أكبر مما ذكر بنسبة 40 %. قبل بدء التشغيل يتم الغسيل لمدة نصف ساعة لنظافة مادة الترشيح. عمق المياه فوق طبقة رمل المرشح يمكن تثبيتها ما بين 1.5 -2 متر. حوض الترشيح عندئذ سيكون عمقه الكلي 3.5 – 4 متر .

أكبر صعوبة تواجه الترشيح السريع على مستوى القرية هي عملية الغسيل. حيث أن استخدام طلمبة الغسيل يعتبر مكلف. في المثال السابق حيث يلزم طاقة 100 – 200 متر مكعب في الساعة مع الأخذ في الاعتبار الأعطال الميكانيكية. مقارنة بطاقة المحطة 40 $م^3$/ الساعة، لذلك تكون طلمبة مياه الغسيل ضخمة وتتطلب استثمارات كبيرة بالإضافة إلى تكاليف الصيانة. في حالة وجود خزان علوي لمياه الغسيل بحجم 20 متر مكعب، فإن طاقة الطلمبة يمكن خفضها إلى 10 متر مكعب / الساعة، ولكن يجب أن يؤخذ في الاعتبار تكاليف الخزان العلوي في حالة القرى ذات المساكن قليلة الارتفاع حيث يكون الضغط في شبكة التوزيع لا يزيد عن 6 متر . في هذه الحالات يكون الحل هو استخدام الخزان المرتفع لمياه غسيل المرشح عندئذٍ لا نكون هناك حاجة لطلمبة خاصة .

التخطيط العام لمحطة المرشحات السريعة يوضح في الشكل (2/62) تدخل المياه العكرة إلى الرشح خلال المحبس (A) وتسقط في حوض مياه الغسيل لتشتت طاقة التدفق. خط المواسير المركب عليه المحبس (A) قطره صغير بما يوفر مقاومة كافية للتدفق (حوالي 0.5 متر ضغط) لتأكيد التوزيع المنتظم للمياه العكرة على كل وحدة من وحدات محطة المرشحات .

تسحب المياه المرشحة خلال المحبس (D) وتمر على هدار موضوع في غرفة الهدار. قمة الهدار توضع على الارتفاع الذي يوفر أدني ارتفاع للمياه العكرة في المرشح ليكون 0.2 متر فوق طبقة رمل المرشح. بسبب الانسداد فإن منسوب المياه فوق طبقة الترشيح سيرتفع حتى الوصول إلى مستوى ضغط الماء في ماسورة الإمداد،

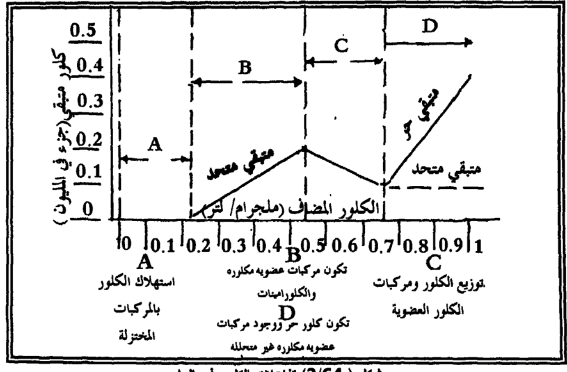
وبذلك يتوقف دخول المياه إلى المرشح. عندئذ يتم البدء في غسيل المرشح بالتغذية بمياه الغسيل خلال المحبس (C) وصرف هذه المياه خلال المحبس (B). يتم ترويق المياه المستخدمة بالترسيب حيث يلي ذلك صرفها إلى النهر، على مسافة مناسبة تحت التيار بالنسبة لمأخذ المياه.

الترشيح بالتخشين (الزلطي):

أحيانا يكون من المناسب عمل معالجة محدودة عن الترشيح السريع المستخدم فيه الرمل كوسط ترشيحي. يتم ذلك باستخدام الزلط. في مرشح التدفق العلوى شكل (2/46) يستخدم ثلاث طبقات ذات قطر حبيبات من 10-15 مم، 7-10 مم، 4-7مم. من القاع إلى أعلى مع وجود نظام تصريف بسيط. هذا المرشح الزلطي له مسام التي ليس من المحتمل انسدادها بسرعة. يمكن تحقيق معدل عالي للترشيح حتى 20 متر/الساعة (تحميل سطحي).

المسام الكبيرة تسمح بالغسيل بسرعة مياه الغسيل المنخفضة نسبيا، حيث لا يحدث تمدد لطبقة الترشيح الزلطية. عملية الغسيل تستغرق وقت طويل نسبياً حوالي 20-30 دقيقة.

إمكانيات أخرى وهي باستخدام المرشحات الأفقية كما في الشكل (2/63) هذه عمقها 1-2 متر ومقسمة إلى ثلاث مناطق، كل منطقة بطول 5 متر وتحتوي على الزلط بأحجام 20-30 مم، 15-20 مم، 10-15 م .



شكل (2/64) تفاعلات الكلور في الماء

معدل التدفق الأفقي للمياه محسوبا على العمق الكلي سيكون 0.5-1 متر مكعب في الساعة. وهذا يمثل تحميل سطحي منخفض جداً فقط 0.3-1 متر/الساعة ولكن الميزة في أن انسداد المرشح يحدث ببطء شديد، ولذلك فإن الغسيل يتم الحاجة إليه بعد فترة زمنية من عدة سنوات. يتم الغسيل بالرفع والغسيل لمادة الترشيح ثم بعد ذك إعادتها إلى مكانها.

6ـ تطهير المياه :

مقدمة :

الشرط الهام الوحيد في مياه الشرب هي أن تكون خالية من الكائنات الحية الدقيقة الناقلة للأمراض المعدية إلى المستهلك. عمليات إزالة المواد الصلبة العالقة كما في حالة التخزين أو باستخدام المروبات والترسيب قد تعمل على خفض محتوي المياه من الكائنات الحية الدقيقة بدرجات متفاوتة .

ولكن هذه العمليات لا تؤكد خلو المياه من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وأن المياه آمنة. لذلك فإنه يلزم التطهير النهائي. في حالة عدم توفر أي طريقة لمعالجة المياه، يظل التطهير هو المطلب الوحيد والمعالجة الوحيدة لتتخلص المياه من التلوث البكترويولوجي ولتكون آمنةً عند استخدامها للشرب.

تطهير المياه يوفر تدمير أو على الأقل إيقاف نشاط الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء. يتم التطهير باستخدام وسائل طبيعية أو كيميائية، يتأثر تطهير المياه بالعوامل الأتية:

1. طبيعة وعدد الكائنات الحية الدقيقة المطلوب قتلها.
2. نوع وتركيز مواد التطهير المستخدمة .
3. درجة حرارة المياه المطلوب تطهيرها حيث كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما كان التطهير أسرع.
4. زمن الالتصاق: تأثير المطهر يكون تاماً عند التصاق مواد التطهير لمدة طويلة مع الماء .
5. طبيعة المياه المطلوب تطهيرها في حالة احتواء المياه على جسيمات هلامية وعضوية فإن عملية التطهير لا تكون متقنة .
6. الرقم الهيدروجيني (الحموضة / القلوية) للماء.
7. الخلط الجيد يؤكد انتشار مادة التطهير خلال المياه وبذلك يزيد من فاعلية التطهير.

أ- التطهير الطبيعي :

التطهير الطبيعي يتم بطريقتين أساسيتين فقط وهما غلي الماء، استخدام الأشعة فوق البنفسجية .

(1) غلي الماء :

غلي الماء طريقة آمنة منزلية حيث تقتل كل الكائنات الناقلة للأمراض المعدية مثل الفيروسات والبكتريا، حويصلات الجارديا وهي طريقة مناسبة على المستوى المنزلي ولكنها ليست اقتصادية على مستوى التجمعات السكانية ولذلك عند الطوارئ يستخدم غلي الماء كإجراء مؤقت.

(2) الأشعة فوق البنفسجية : .

الأشعة فوق البنفسجية مؤثرة في التطهير للمياه الخالية من العكارة ولكن تأثيرها منخفض بشدة عند وجود عكارة في الماء أو لوجود مركبات مثل النترات،الكبريتات، أملاح الحديدوز .عملية التطهير هذه لا توفر أي متبقي الذي يوفر الحماية للماء ضد أي تلوث جديد.وهذه الطريقة نادرة الاستخدام في الدول النامية .

ب-المطهرات الكيميائية :

المطهر الكيماوي الجيد يجب أن تتوفر فيه الخصائص الهامة التالية :

*سرعة الإذابة في الماء وبالتركيز المطلوب للتطهير، وتوفير متبقي لتطهير الملوثات الجديدة.

*لا يسبب لون أو مذاق أو رائحة للمياه .

* غير سام للإنسان والحيوان .

* سهولة الكشف عنه في الماء وقياسه .

* سهولة التداول والنقل، الاستخدام والتحكم .

* متوفر بسهولة وبسعر مناسب.

الكيماويات التي استخدمت بنجاح في تطهير المياه هى : الكلور، مركبات الكلور (جرعة الكلور في الشكل المناسب)، الأوزون ومؤكسدات أخرى مثل برمنجنات البوتاسيوم، ثاني أكسيد الهيدروجين. كل واحد من هذه له مميزاته وحدود استعمالاته.

الكلور ومركبات الكلور :

قدرة الكلور ومركبات الكلور في قتل الكائنات المسببة للأمراض سريعة إلى حد كبير، متوفره بما يجعله مناسب جداً كمطهر، أسعاره متوسطة ولهذا فإنه منتشر الاستخدام كمطهر في جميع العالم.

اليود :

برغم خاصية اليود الجذابة كمطهر فإن استخدامه له حدود. الجرعات العالية (10-15 مليجرام / لتر) لازمة للحصول على تطهير كافي. لا يكون اليود مؤثر

عندما تكون المياه عكرة أو ملونة. كما أن قدرة اليود العالية على التبخر في المحلول المائي يعتبر عامل ضد مواءمته للاستخدام كمطهر عدا في الحالات الإضطرارية .

برمنجنات البوتاسيوم :

برمنجنات البوتاسيوم مؤكسدة قوي وهو قاتل للبكتريات المسببة لمرض الكوليرا وليس لباقي أنواع البكتريا المسببة للأمراض. في حالة زيادة الجرعة تسبب اللون والبقع. لذلك لا يناسب استخدامها التطهير لاحتياجات المجتمعات من المياه .

الأوزون :

زاد استخدام الأوزون في تطهير مياه الشرب في معظم الدول الصناعية كما أنه مؤثر في أكسدة المواد المسببة للمذاق والرائحة مثل الأشعة فوق البنفسجية.الأوزون لا يترك متبقي والذي يساعد في المحافظة على استمرار التطهير. عدم وجود متبقي يعني عدم وجود حماية ضد الملوثات الجديدة التي تطرأ على المياه بعد عملية التطهير. الأوزون يتطلب إنتاجه إنشاءات مكلفة ونظام تشغيل مكلف مع الحاجة إلى توفير الطاقة باستمرار ولذلك لا يوصى باستخدامه في البلادً النامية .

الكلورة :

تطهير المياه بالكلورة بدأ استخدامه في أوائل القرن العشرين، وكان أهم حدث تكنولوجي في صناعة معالجة المياه. تعتبر كلوره إمدادات المياه في الدول النامية هامة جداً للقضاء على الملوثات الناتجة من إفرازات ذوات الدم الحار والتي تهدد صحة الإنسان في حالة اختلاطها بالمصادر المائية. وقد كان للكلورة المؤثرة للمياه أن حدث انخفاض واضح في هذه الأمراض المعدية المتعلقة أساساً بالمياه.

وقد أثبتت بعض الدراسات اتحاد الكلور مع المواد العضوية المذابة في الماء مكوناً مركبات عضوية مهلجنة (مكلورة) والتي يحتمل أن تكون مسرطنة، ورغم هذا فإن استخدام الكلور مازال هو المستخدم برغم من آثارة المحتملة الجانبية.

الكلور :

الكلور غاز سام لونه أصفر مخضر ويوجد في الطبيعة في الشكل المتحد فقط، أساساً مع الصوديوم مثل ملح الطعام . الكلور له رائحة نفاذة وخانقة، وهو أثقل من الهواء ويمكن إنضغاطه لتكوين سائل بلون الكهرمان. الكلور السائل أثقل من الماء وهو يتبخر في ظروف الحرارة والضغط العادية .

يصنع الكلور تجارياً بالتحليل الكُهربي لمحوِل ملح الطعام المركز مع الحصول على منتجات إضافية مثل الهيدروجين والصودا الكاوية. غاز الكلور الجاف غير عدواني ولكن في وجود الرطوبة فإنه يصبح شديد العدوانية بالنسبة لكل المعادن عدا معدن الفضة والرصاص. الكلور يذوب في الماء عند 10 ْم بنسبة تركيز حوالي 1% بالوزن.

الجير المكلور (مسحوق التبييض) :

قبل استخدام الكلور السائل، كانت الكلورة تتم غالباً باستخدام مسحوق التبييض وهو ناتج اتحاد الجير المطفي وغاز الكلور، تركيبه التقريبي [$CaCl_2$. $Ca(OH)_2$. H_2o + $Ca(OCL)_2.2Ca(OH)_2$] . عند إضافته للماء فإنه يتحلل مكونا حامض الهيبوكلورس (HOCL) .

عندما يكون مصنع حديثا فإن مسحوق التبييض يحتوي على كلور بنسبة 33-37%. مسحوق التبييض لا يجوز تعرضه للهواء، الضوء، الرطوبة حيث ينخفض المحتوي من الكلور بسرعة. يجب تخزين المركب في مكان مظلم وجاف وبارد، وفي وعاء مقفل ومقاوم للتآكل .

الهيبوكلوريت عالي الاختبار (البيركلورين) ، (هيبوكلوريت الكالسيوم) :

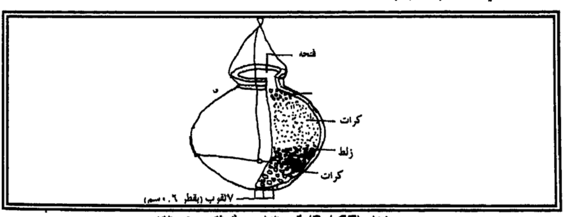
وهذا ليس فقط ضعف تركيز مسحوق التبيض (60-70% كلور) ولكن يمكنه المحافظة على تركيزه الأصلي لأكثر من عام في ظروف التخزين العادية يتوفر في عبوات 2-3 جرام، وفي صفائح حتى 45 كجرام، وكذلك في شكل المسحوق أو في شكل أقراص.

هيبو كلوريت الصوديوم :

يتوفر كمحلول (NaOCl) بتركيز من 12-15 % كلور للمنتج التجاري. استخدام هيبوكلوريت الصوديوم في الاستخدام المنزلي للتبيض يكون بتركيز 3-5% كلور.

عملية الكلورة :

عمليات الكلورة يمكن أن تصنف إلى قسمين حسب المستوى المطلوب من الكلور المتبقي ومكان حقن الكلور. عندما يكون المطلوب هو توفير متبقي مع محدودية زمن الالتصاق يكون المعمول به هو توفير الكلور الحر المتبقي. في حالة استخدام الكلور المتحد المتبقي يضاف الكلور إلى الماء مع وجود الأمونيا الموجودة أو المضافة كلور متحد متبقي شكل (2/64)



شكل (65 / 2) قدر الكلوره المثقب عند القاع

الكلورة المسبقة هي إضافة الكلور قبل أي معالجة أخرى، عادة تتم للحد من نمو الطحالب ولإزالة المذاق والرائحة . الكلورة النهائية تتم بعد عمليات المعالجة للمياه وعمليا تتم بعد عملية الترشيح.

الكلور المطلوب :

الكلور المطلوب هو الفرق بين كمية الكلور المضافة وكمية الكلور الحر المتبقي أو الكلور المتحد المتبقي بعد نهاية زمن الالتصاق المحدد.

الكلور المتبقي :

توجد عدة طرق لقياس الكلور المتبقي في الماء من هذه الطرق هو باستخدام تجربة مادة (داي إيثيل ـــ بارا فينيلين دايا مين) حيث عند إضافته للماء المحتوي على كلور حر متبقي وخالي من اليود ينتج لون أحمر والذي يمكن قياسه بطريقة القياس للألوان(Colorimetric) لمعرفة تركيز الكلور الحر المتبقي.

تقنيات الكلورة لإمدادات المياه للتجمعات السكانية الصغيرة الريفية :

المياه الجوفية التي يتم الحصول عليها من آبار الحفر الضحلة تعتبر المصدر الرئيسي للإمداد بالمياه في كثير من المناطق النائية والمنعزلة في كثير من البلاد وقد أثبتت بعض الاستطلاعات البحثية وصول الملوثات لهذه المصادر. كما أن مصادر المياه من المجاري السطحية مثل الترع والقنوات والأنهار ملوثة كذلك. في حالة عدم إمكان عمل المعالجات للمياه من هذه المصادر إلا أن التطهير على الأقل يجب توفيره للمحافظة على الصحة العامة .
من الناحية الفنية التطهير بالكلور يمكن أن يوفر حل مقبول لمشكلة إمدادات المياه في المناطق الريفية لتجمعات الصغيرة . التطهير باستخدام غاز الكلور ليس اقتصادي بسبب الحاجة إلى استخدام كميات صغيرة وباستمرار والبديل هو استخدام مركبات الكلور.

مسحوق التبيض :

أيدروكسيد الكالسيوم أو الجير المطفي المكلور متوفر ومنخفض الثمن وسهل التداول ولا يشكل خطورة عند تداوله في حالة وجوده في أوعية مناسبة. وهو مسحوق أبيض شبه مصفر يحتوي على حوالي 33 – 37% كلور.
وهو غير مستقر ويفقد الكلور مع التخزين. في وجود الرطوبة يصبح مسحوق التبيض عدواني بما يتطلب استخدام أوعية ذات مقاومة للتآكل مثل البلاستيك أو السيراميك أو الخشب. يتم تخزينه في الظلام وفي مكان بارد وجاف. لخفض الفقد في الكلور فإنه يوصى بأن يكون أقصي تركيز لمحلول مسحوق التبيض 5% .

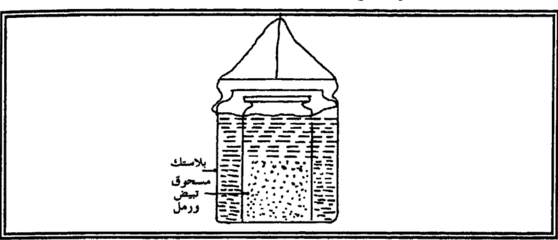
تطهير آبار الحفر المفتوحة :

يستخدم لتطهير هذه الآبار طرق بسيطة مثل :

إناء الكلورة :

إناء من البلاستك أو من مواد التربة سعة 7-10 لتر وبه ثقوب عند القاع بقطر 6-8 مم. يملأ إلى النصف بالزلط بقطر 2-4 سم. يوضع فوق طبقة الزلط مسحوق التبيض

والرمل (مخلوط بنسبة 1: 2) ثم يعاد ملئ الإناء بالزلط حتى رقبته شكل (65-2). ويتم إنزال الإناء في البئر مع استمرار فوهته مفتوحة. بالنسبة لبئر معدل سحب المياه منه 1000-1200 لتر في اليوم، يكون الإناء المحتوي على 1.5 كجرام من مسحوق التبيض مناسب للكلورة لمدة حوالي أسبوع.



شكل (2/66) الكلوره بالاناء المزدوج

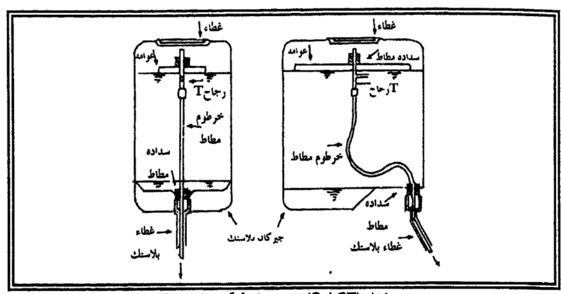
نظام الإنائين :

نظام الكلورة بالإناء الواحد لوحظ أنه يعطي جرعة عالية من الكلور للماء. لذلك فقد استخدمت طريقة الإنائين، حيث يوضع إنائين بالشكل الأسطواني احدهم في الآخر حيث ثبت أداءه الجيد شكل (2/66). الإناء الداخلي يملأ بمخلوط مرطب من كيلو جرام من مسحوق التبيض، 2 كجرام من الرمل الخشن إلى منسوب أقل قليلا من الثقب ثم يوضع داخل الإناء الثاني.

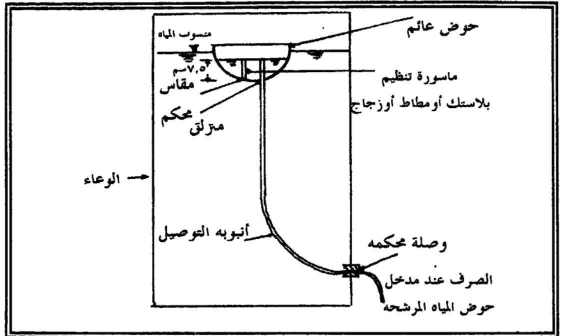
تربط فوهة الإناء الخارجي برقائق البولي إثيلين ثم يتم الإنزال في البئر باستخدام حبل. وجد أن هذه الوحدة تعمل بكفاءة لمدة 2-3 أسبوع في الآبار المنزلية ذات طاقة 4500 لتر حيث تسحب المياه بمعدل 400-450 لتر في اليوم.

الكلورة بالقطرات :

التجهيزة البديلة لتطهير الأبار هو الكلورة بنظام القطرات شكل (2/67). انسداد مخرج القطرات يمكن أن يحدث له إنسداد بسبب تكون كربونات الكالسيوم عند التصاق مسحوق التبيض مع ثاني أكسيد كربون الهواء الجوي. يستخدم مخرج القطرات خاص مثل المستخدم في حقن المحاليل الطبية. يتم امتداد ماسورة المخرج إلى البئر وتغمر في الماء يمكن وضع الإناء على الجدار الخارجي للبئر.



شكل (67 / 2) معدات التغذية بمحلول الكلور



شكل (2/68) تغذية محلول الكلور بالضغط الثابت

تجهيزات التغذية بالمحلول :

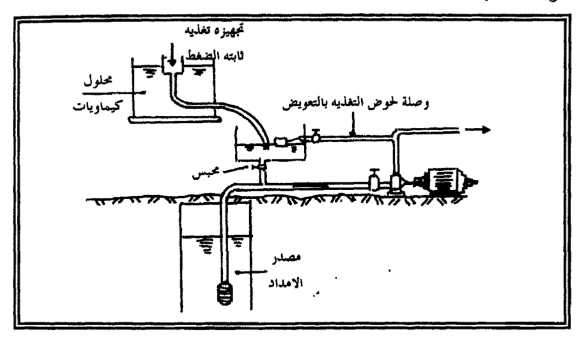
تجهيزات التغذية بالمحلول باستخدام ضغط ثابت ثبت نجاح استخدامه في كثير من الحالات شكل (2/68). كلا من أنبوبة التنظيم وأنبوبة الصرف يجب أن يتوفر لهما الحركة المحكمة الملائمة في حوض العوامة. يتم ضبط الأنابيب إلى المنسوب بحيث يدخل المحلول إلى حوض العوامة ويتدفق إلى أسفل من أنبوبة الصرف

بمعدل الصرف المطلوب (الجرعة المطلوبة). يتم تغير مناسيب انبوبة التنظيم وأنبوبة التغذية في حالة الرغبة في تغيير معدل التغذية (الجرعة).

تجهيزات التغذية بالمحلول طبقاً لمعدل ضخ المياه.:

عند ضخ المياه من المصدر إلى الخزان مرتفع لتوصيل المياه إلى شبكة التوزيع بالجاذبية، يمكن حقن محلول مسحوق التبيض كما في الشكل (2/69). من حوض محلول التبييض يتم عمل توصيله على خط السحب للطلمبة .

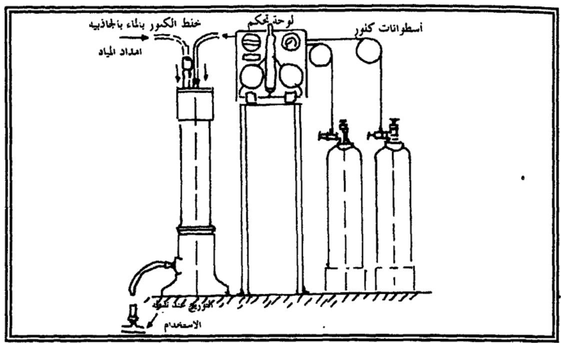
يتم تحضير محلول التبييض بتركيز 1% مبكرا ثم تركه لرسوب الملوثات، ثم يتم ملء خزان محلول التبييض الذى يوفر الإمداد لأكثر من يوم واحد. يجب منع دخول الهواء عند جانب السحب للطلمبة يجب قفل خط الإمداد بالمحلول عند توقف الطلمبة.



شكل (69 / 2) تنظيم الكلورة لامدادات الضخ

التطهير باستخدام غاز الكلور :

عندما تكون كمية المياه المطلوب معالجتها اكثر من 500 متر مكعب في اليوم فإن استخدام غاز الكلور يكون اقتصادي ولكن بالنسبة للإمداد الأصغر من ذلك فإن أجهزة التحكم في غاز الكلور المعبأ في اسطوانات محمولة غير قادرة على التغذية بكميات صغيرة جداً من الغاز. توجد طريقتين للتحكم في التطهير باستخدام غاز الكلور.



شكل (2/70) جهاز غاز الكلور مزود بجهاز الخلط للكلور بالجاذبية

التغذية بالمحلول (الحقن بالمحلول) :

يتم أولاً إذابة الغاز في حجم صغير من الماء. محلول الكلور الناتج يتم به التغذية لخط تدفقات المياه المطلوب تطهيرها. إذابة الغاز في حجم صغير من الماء يساعد على الانتشار السريع والكامل عند نقطة الحقن.

الحقن المباشر :

في هذه الحالة يتم حقن الغاز مباشرة في نقطة التغذية يستخدم نوع خاص من الناشرات أو الأنابيب المثقبة (من الفضة أو من البلاستك) لنشر الغاز وهذه الطريقة لا يوصى باستخدامها في إمدادات التجمعات الصغيرة والريفية.

المعدات المستخدمة للتحكم في حقن الغاز يمكن أن تقسم إلى نوعين: وهما التحكم بالضغط والتحكم بالتفريغ. يتكون التحكم بالضغط من مرشح الغاز في محبس قفل، محبس خفض الضغط، محبس تحكم أو أنبوبة بالثقب مجهزة بالمانويمتر ومانع لتسرب الرطوبة. بصرف النظر عن التغذية في ضغط أسطوانة غاز الكلور فإنه يتم المحافظة على ثبات الضغط عبر الثقب بواسطة محبس خفض الضغط. الفرق في الضغط عبر الثقب يقاس ويكون ذلك علامة لمعدل تدفق الغاز. جهاز التغذية بالمحلول يحتوي على بعض الوسائل لحقن الغاز المقاس إلى التدفقات الصغيرة للمياه والتي تحمل الكلور إلى نقطة الحقن شكل (2/70).

تجهيز الخانات الجديدة، المواسير، الآبار :

الخزانات الجديدة :

يجب تطهير جميع الخزانات لتعبئة المياه قبل البدء في استخدمها، كذلك الخزانات خارج الخدمة للإصلاح أو النظافة يلزم تطهيرها قبل إعادة استخدامها. قبل التطهير فإن جدار وقاع الخزان يجب تنظيفه وإزالة جميع المواد والأوساخ.

أحد طرق التطهير المستخدمة للخزانات الجديدة هي بملء الخزان حتى مستوى التدفق العلوي بمياه نقية المضاف لها الكلور الكافي لتركيز 50 ملجرام / لتر. محلول الكلور يضاف إلى الماء مبكراً ما أمكن أثناء عملية الملء. لتأكيد الخلط الجيد والالتصاق الجيد للتطهير بعد ملء الخزان، يترك لمدة 24 ساعة ولا تقل عن 6 ساعات بعد ذلك يتم صرف المياه وإعادة الملء لخزان وانتظام الإمداد.

الطريقة الثانية : المناسبة في المناطق الريفية، هي الإضافة المباشرة لمحلول قوي بتركيز 200 مليجرام / لتر على الأسطح الداخلية للخزان. يظل السطح ملتصق به المحلول المركز لمدة لا تقل عن 30 دقيقة قبل ملء الخزان بالماء .

الطريقة الثالثة : والتي تستخدم عندما يصعب استخدام أي من الطرق السابقة والتي لا تعرض الأسطح العليا لحوائط الخزان إلى المحلول المركز. في هذه الطريقة المياه ذات التركيز 50 ملجرام / لتر كلور تضاف إلى الخزان إلى الحد أنه عند تمام امتلاء الخزان يكون التركيز الكلي للكلور 2 مليجرام / لتر .

المياه ذات التركيز 50 مليجرام/لتر كلور تظل في الخزان لمدة 24 ساعة قبل إعادة ملئ الخزان بالماء. يمكن بعد ذلك وضع الخزان في الخدمة بدون صرف المياه المستخدمة في التطهير شريطة أن يكون المتبقي النهائي من الكلور ليس مرتفعاً.

مواسير النقل والتوزيع الجديدة :

خطوط نقل وتوزيع المياه يحتمل تلوثها أثناء وضع أو توصيل المواسير وذلك بصرف النظر عن الاحتياطات التي تؤخذ لذلك يلزم تطهيرها قبل الاستخدام.

قد يحدث التلوث لشبكة التوزيع في حالات الكسور والتلف في خطوط المواسير. جميع خطوط المواسير يتم تنظيفها وكسحها بالمياه لإزالة كل المواد الغريبة قبل الاستخدام مباشرة، مواد التوصيل يلزم تنظيفها وتطهيرها بالغمر في محلول كلور بتركيز 50 مليجرام/لتر لمدة 30 دقيقة على الأقل.

الطرق العملية للتطهير بمحلول الكلور لخطوط مواسير التوزيع في المجتمعات الريفية هي بتصريف كل قطاع من المواسير حيث يقفل محبس دخول المياه مع

السماح بالصرف حتى الجفاف. بعد ذلك يتم قفل محبس التصريف ويعزل هذا القطاع عن باقي الشبكة .

يتم التغذية بمحلول التطهير خلال قمع أو خرطوم خلال فتحه تصنع خصيصاً لهذا الغرض عند أعلى نقطة في قطاع خط المواسير. نظراً لأن محابس الهواء توضع عادة في هذه النقط المرتفعة فإن رفع محبس الهواء يعتبر طريقة مناسبة لتوفير نقطة دخول المحلول .

يصب المحلول ببطيء حتى تمام امتلاء مقطع المواسير. يجب مراعاة خروج الهواء المحتبس في المواسير. فغي حالة عدم وجود محبس هواء أو أي فتحات أخرى، عندئذٍ يتم فصل وصلة التوصيل المنزلية أو أكثر من وصلة لتوفير انطلاق الهواء وخروجه من خط المواسير.

تطهير امدادات المياه في حالات الطوارئ :

في حالة حدوث كوارث غير متوقعة مثل الزلازل أو ما شابه ذلك وتأثر نظام الإمداد المنتظم بالمياه يتم العمل على توفير مصدر بديل لحين الانتهاء من أعمال الإصلاح واستعادة الشبكة إلى كفاءتها ذلك مع زيادة ضغط المياه في الشبكة لمنع دخول المياه الأرضية الملوثة إلى الشبكة. هذا بالإضافة إلى الرفع المؤقت لجرعة الكلور عند محطة المعالجة(خزان التغذية للشبكة). الجرعة العالية يوصى بها فقط في حالات الطوارئ أو عند نظافة المواسير الجديدة .

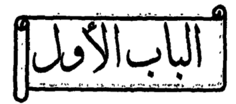
ويمكن في الحالات الاضطرارية اللجؤ إلى غلي المياه المستخدمة في الشرب والاحتياجات المنزلية لقتل جميع الكائنات المسببة للأمراض ثم ترك الماء حتى درجة حرارة الغرفة وترسيب المواد العالقة، ثم سحب المياه الرائقة الباردة مع مراعاة عدم خلط المواد المترسبة بها .

في بعض الحالات يمكن استخدام أقراص الكلور للتطهير أو أقراص اليود مع التقليب والانتظار لمدة 30 دقيقة بعد تقليب الماء وقرص المطهر.

الفصل الثالث

خطوط مواسير نقل وتوزيع المياه

* نقل المياه
* توزيع المياه



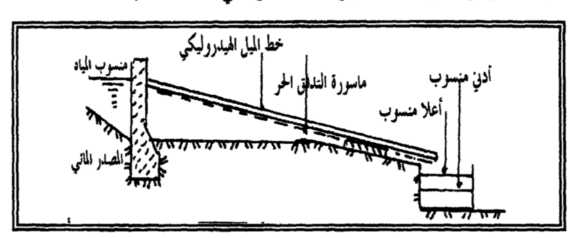
1ـ نقل المياه :

مقدمة :

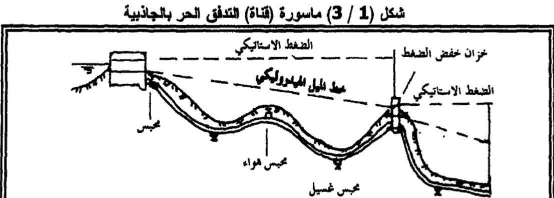
نقل المياه يشكل أحياناً جزء صغير من نظام الإمداد بالمياه للتجمعات الصغيرة، وهو لا يتغير عن حالة نظام الإمداد الكبير. حيث يلزم نقل المياه من المصدر إلى محطة المعالجة في حالة وجودها ثم إلى منطقة التوزيع. حسب الموقع وطبوغرافية الأرض يمكن نقل المياه من خلال خطوط نقل بالتدفق الطبيعي شكل (3/1)) أو من خلال خطوط ضغط شكل (3/2) أو بواسطة كل من الإنحدار والضغط شكل (3/3).

خطوط التدفق بالإنحدار يجب أن توضع تحت ميل منتظم لتتطابق مع خط الإنحدار الهيدروليكي. أما خطوط الضغط فيمكن أن تكون فوق أو أسفل المرتفعات طبقاً للحاجة مع المحافظة على مسافة كافية أسفل خط الإنحدار الهيدروليكي.

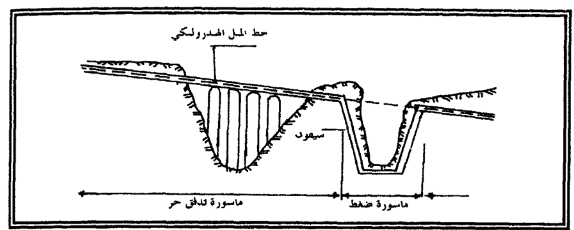
تستخدم عادة خطوط المواسير لنقل المياه إلى التجمعات السكانية وقد تستخدم القنوات والأنفاق والعدايات . تحتاج خطوط نقل المياه إلى تكاليف استثمارية كبيرة سواء كان النقل بالضغط أو بالتدفق الحر . لذلك فإنه يلزم أن يؤخذ في الاعتبار كل البدائل الفنية والتكاليف عند اختيار أفضل الحلول في كل حالة معينة.



شكل (1 / 3) ماسورة (قناة) التدفق الحر بالجاذبية



شكل (2 / 3) خط مواسير التدفق بالضغط



شكل (3 / 3) تدفق حر وتدفق بالضغط معاً

أ- أنواع خطوط نقل المياه :

القنوات عموماً لها مقطع مخروطي ولكن المقطع المستطيل أقل تكلفة وذلك عند عبور القناة لصخور صلبة. حالات التدفق تكون إلى حدٍ ما منتظمة عندما يكون مقطع القناة واحد ، مع وجود الميل والبطانة الداخلية منتظمة على كل طول القناة. القنوات المفتوحة لها تطبيقات محدودة في نظم الإمداد بالمياه حيث أنها لا تناسب نقل المياه المعالجة نظراً لاحتمالات تلوث المياه ولكن استخدامها مناسب لنقل المياه العكرة.

(1) العدايات والأنفاق :

يصمم معدل تدفق المياه في العدايات والأنفاق ليكون التدفق لملئ 0.75 % من العداية أو النفق. تكون الأنفاق عند التدفق الحر للمياه في شكل حدوة الحصان. تنشأ هذه الأنفاق لاختصار رحلة المياه وتغني عن الحاجة لأي عدايات أو خطوط مواسير لعبور الأراضي الغير مستوية .

يتم عادة تبطين الأنفاق لخفض الفقد في الضغط ولمنع الفقد للمياه بالتسرب ، وعند حفر هذه الأنفاق في صخور صلبة فإنها لا تحتاج إلى تبطين. سرعة التدفق في هذه العدايات والأنفاق تكون من 0.3 – 0.9 متر في الثانية للعدايات الغير مبطنة ، وحتي 2 متر في الثانية بالنسبة للعدايات المبطنة.

2- خطوط التدفق الحر :

في خطوط مواسير التدفق الحر لا يوجد ضغط ، حيث يمكن استخدام مواسير من الفخار المزجج أو من الأسبستوس الأسمنتي أو الخرسانة وخطوط المواسير هذه يجب أن توضع قريباً من خط الميل الهيدروليكى.

3- خطوط مواسير الضغط :

مسار خطوط مواسير الضغط لا يرتبط بطبوغرافية المنطقة التي يعبرها فهو ليس مثل القنوات، العدايات أو خطوط مواسير التدفق الحر. خطوط مواسير الضغط قد تسير أعلى وأسفل المرتفعات حيث توجد حرية في اختيار استقامة خط المواسير .

يكون المسار المفضل عادة بجانب الطرقات العامة لتسهيل عملية الكشف(لتسهيل الكشف عن التسرب والمحابس المعطلة وأي تلفيات ..الخ) وتوفير سهولة الاقتراب وسرعة أعمال الصيانة والإصلاح.

ب- تصميم التدفق :

الاحتياجات اليومية من المياه تختلف كمياتها خلال ساعات النهار والليل. خزان المياه يوفر توزيع المياه طبقاً للتغير في الاستهلاك. يستقبل خزان المياه خلال خط نقل المياه الرئيسي المياه من محطة المعالجة ويكون في موقع مناسب ليمكنه إمداد المياه لشبكة التوزيع شكل (3/4).

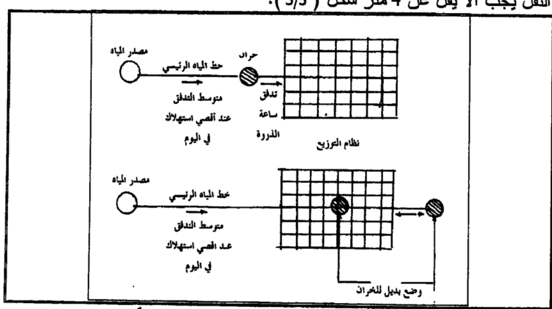
يصمم الخط الرئيسي لنقل المياه بطاقة تحميل عل أساس توفير المياه بمعدل ثابت حسب أقصى استهلاك يومي. كل التغيرات في استهلاك المياه خلال اليوم يتم تنظيمها بواسطة خزان الخدمة .

العامل الهام الأخر هو عدد ساعات التشغيل في اليوم لخط المياه الرئيسي. في حالة ضخ المياه بطلمبات تعمل بالطاقة الكهربية أو بوقود الديزل لتشغيل المحرك، فإن معدل الضخ اليومي يتحدد بست عشرة ساعة أو أقل. في مثل هذه الحالات فإن تصميم معدل التدفق لخط النقل الرئيسي يلزم أن يتم ضبطه على هذا الأساس.

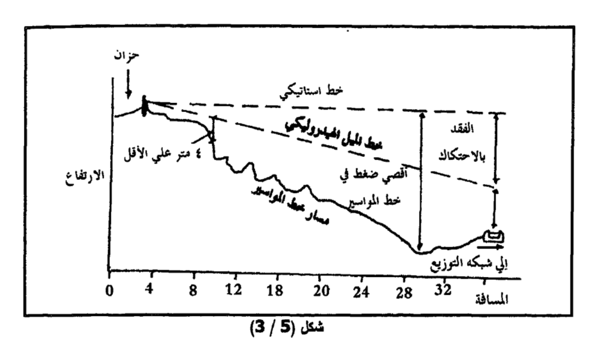
جـ- تصميم الضغط :

تصميم الضغط مرتبط فقط بخطوط المواسير التي تعمل بالضغط. خطوط المواسير هذه تتبع في مسارها طبوغرافية الأرض تقريباً خط الميل الهيدروليكى يوضح ضغط الماء في خط المواسير في ظروف التشغيل .

يجب أن يقع خط الميل الهيدروليكي فوق خط المواسير على طول امتداده وفي جميع معدلات تدفق المياه ، وفي جميع الحالات فإن ضغط التشغيل للماء في خط النقل يجب ألا يقل عن 4 متر شكل (3/5).



شكل (4 / 3) خط المياه الرئيسي وخزان الخدمة



شكل (5 / 3)

يجب اختيار مادة المواسير لتتحمل أقصى ضغط يمكن حدوثه في الخط. أقصى ضغط عادة لا يحدث في ظروف التشغيل ولكنه الضغط الإستاتيكي عند القفل لخط المياه . للحد من حدوث أقصى ضغط في خط المياه وبالتالي توفير تكاليف التلفيات، فإنه يمكن تقسيم الخط إلى قطاعات منفصلة باستخدام خزان امتصاص الضغط. مهمة خزان خفض الضغط وامتصاصه هذا هو لخفض الضغط الهيدروستاتيكي بتوفير مخرج سطحي للمياه في أماكن معينة على طول امتداد خط نقل المياه. يمكن كذلك أن يتوالد ضغط إضافي في حالة حدوث اضطراب هيدروليكي أو مطرقة مائية في خط المياه. ويحدث هذا بسبب القفل السريع واللحظي للمحابس، أو البدء المفاجئ لضخ الطلمبة أو إيقافها وهنا يمكن أن يسبب ضغط زائد أو منخفض الذي يترتب عليه تدمير خط المياه.

د- التصميم الهيدروليكي :

بالنسبة لمعدل تدفق تصميمي معين (Q)، فإن سرعة التدفق (V) وبالتالي القطر المطلوب لخط النقل يمكن حسابه بالمعادلة الأتية :

للقنوات المفتوحة : تستخدم معادلة مانتج للقنوات المفتوحة

$$V = C \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

حيث :

V = متوسط سرعة الماء متر / الثانية في خط المياه

C = معامل الخشونة الحوائط والقاع (مم)

R = نصف القطر الهيدروليكي (متر)

I = التدرج الهيدروليكي (متر / متر مربع)

لأغراض التصميم الجدول (3/1) يوضح معاملات الخشونة لمخلف أنواع مواد التبطين للقنوات المستقيمة النظيفة المصنوعة من الخرسانة أو الطوب والحفر.

جدول (3-1)

خرسانة	80	حفر في التربة	45
طوب مبطن بالأسمنت	70	حفر في تربة زلطية	40
طوب تشطيب جيد	65	حفر في تربة صخرية	30
طوب تشطيب مقبول	60	حفر خشن في تربة صخرية	25

K = معامل الخشونة

هـ- خطوط المواسير

المعادلة الأكثر دقة لحساب الفقد في الضغط لتدفقات المياه في خط المواسير هي معادلة كول بروك

$$H = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} x \frac{Q^2}{D^5} xL$$

H = الفقد في الضغط بالمتر

L = طول خط المواسير

λ = معامل الاحتكاك

D = القطر الداخلي للماسورة بالمتر

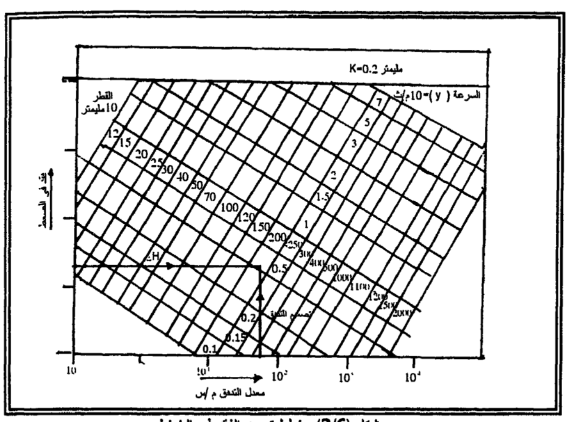
Q = معدل التدفق متر مكعب / الثانية

g = معامل الجاذبية (حوالي 8 متر / الثانية ^{2})

I = الانخفاض في الضغط الهيدروليكي متر / كيلو متر

معادلة كوك بروك معقدة عند عمل الحسابات. لذلك تم إعداد جداول ومخططات لمختلف قيم معامل الخشونة للمواسير.

الجدول (3/2) مثال لتوضيح الفقد في الضغط لتدفق المياه في ماسورة ذات سطح داخلي ناعم (معامل الخشونة = 0.1 مليمتر). الشكل (3/6) مثال لتعيين الفقد في الضغط للمواسير ذات معامل الخشونة K= 0.2 مم



شكل (3/6) مخطط تعيين الفقد في الضغط

جدول (3/2) الفقد في الضغط بالمتر / كيلو متر

150	120	100	70	50	30	25	20	15	D مم / Q ل/ث
					1.45	3.51	10.5	44.1	0.1
					2.97	7.28	22.0	94.1	0.15
					4.99	12.3	37.6	162	0.2
				0.85	10.5	26.0	80.5		0.3
				2.13	27	68.1	214		0.5
			0.76	3.94	50	129			0.7
			0.7 1.44	3.9 7.6	101				1.0
			3.02	26.2	801				1.5
		0.88	5.15	28					2.0
	0.76	1.86	11.0	60.9					3.0
150	1.94	4.81	29.1	164					5.0
1.2	3.64	9.09	55.7						7.0
2.33	7.13	17.9	111						10.0
5.01	15.5	39.2							15.0
8.66	26.9	66.6							20.0
18.9	59.3	152							30.0
51	161								50.0
98.7									70.0
199									100.0

معامل الخشونة K لجدار المواسير كلآتي جدول (3/3)

مادة الماسورة	معامل خشونة السطح الداخلي K
الأسبستوس الأسمنتي	K = 0.1 مم
بي في سي	K = 0.1 مم
بولي إيثلين	K = 0.05 مم
زهر مرن غير مبطن	K = 0.25 مم
زهر مرن مبطن بالمونة الأسمننتية	K = 0.125 مم
الصلب المبطن	K = 0.125 مم
الصلب المجلفن	K = 0.15 مم

مثال 1:

ما هو الفقد في الضغط في خط مواسير بطول 1200 متر وقطر 50مم ، معدل التدفق 3 متر مكعب في الساعة .

الحل :

تدفق 3 متر مكعب في الساعة يساوي 0.83 لتر في الثانية. باستخدام الجدول 0.7 لتر / الثانية الماسورة قطر 50مم = 3.94 متر / كيلو متر .

حيث أن معدل التدفق 0.7 لتر/ثانية يعطي فقد في الضغط 3.94 متر /كم

∴لنفس الماسورة معدل التدفق 0.83 لتر /ثانية=x

$$\therefore x = \frac{3.94x0.83}{0.7} = 5.54$$ متر/كليو متر

معدل التدفق التالي في الجدول 1 لتر/ث (لا يوجد في الجدول تدفق 0.83 لتر/ث).

∴ الفقد في الضغط لماسورة 50 مم بمعدل تدفق 1 ل/ث=7.6 متر: كيلو متر

∴ بالنسبة والتناسب يمكن تعيين الفقد في الضغط لتدفق 0.83 ل/ث كالأتي :

تدفق 1 ل/ث معامل الاحتكاك =7.6 متر/كيلو متر

تدفق 0.83 ل/ث x=

$$X = \frac{7.6x0.83}{1} = 5.3$$ متر/كليو متر

المتوسط هو 5.54+5.3 = 10.84÷2=5.42 متر/كيلو متر = 6.504 متر ماء.

مثال 2 :

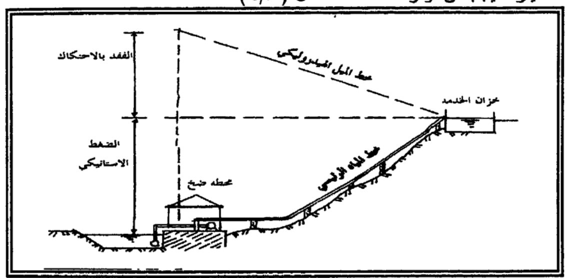
ماذا سيكون التدفق في ماسورة بقطر 50 مم لنقل المياه من سد صغير إلى خزان على مسافة 600 متر 10 الفرق في الارتفاع بين النقطتين هو 5.4 متر.

الفقد في الضغط هو 5.4 متر / 0.6 كيلو متر = 9 متر / كيلو متر طبقاً لجدول الفقد في الضغط لمعدل تدفق 1 لتر / ث يساوي 7.6 متر / كيلو متر. لذلك فإن التدفق الحقيقي سيكون

$\frac{9}{7.6}$ 1.14 لتر فى الثانية

و- نقل المياه بالضخ :

لنقل المياه بالضخ فإن الفقد في الضغط الناتج عن معدل التدفق يمكن حسابه لأي قطر للمواسير باستخدام الجداول والمخططات مثل تلك المستخدمة والتي سبق تناولها. ضغط الضخ يشمل الضغط الإستاتيكي والضغط الناتج عن تعويض الفقد في الضغط الناتج عن الاحتكاك حسب معدل التدفق التصميمي. المضخة التي يجب اختيارها يجب أن توفر هذا الضغط شكل (3/7).



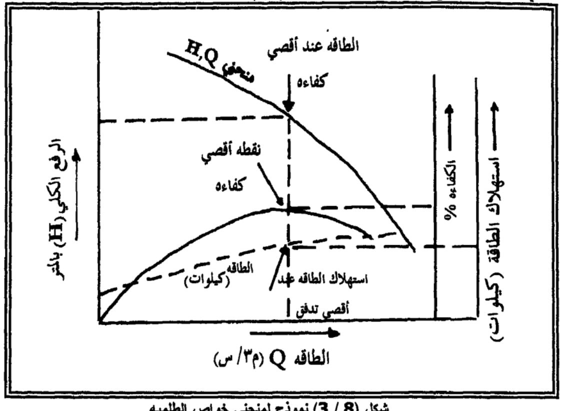
شكل (3/7) الامداد بالضخ

(1)اختيار الطلمبات :

سبق تناول مختلف أنواع الطلمبات وهي ذات الطرد المركزي ذات التدفق المحوري ، ذات التدفق المختلط والترددية. اختيار الطلمبة يتوقف على واجبها والذي يتمثل في ضغط الرفع وطاقة الضخ .

الطلمبات ذات الأجزاء الدوَّارة محورها إما أن يكون أفقي أوعمودي. الاختيار بين هذه الطلمبات يعتمد عموماً على نظام التشغيل للطلمبة وظروف الموقع. في حالات احتمال طفو فإن المحرك وأي معدات كهربية أخرى يجب وضعها فوق سطح الأرض.

في حالة نقل المياه للتجمعات السكانية يكون عادةً مطلوب ضغط مناسب. وهذا بسبب أن الطلمبة التي يتم اختيارها تكون ذات الطراز المركزي (التدفق المحيطي). ضغط/وطاقة الضخ من خصائص أي طلمبة وكذلك كفاءتها موضح في المخططات التي يوفرها المنتج لهذه الطلمبات الشكل (3/8) مثال لمخطط خواص الطلمبة.



شكل (8 / 3) نموذج لمنحني خواص الطلمبه

من الناحية العملية فإنه نادراً ما تعمل الطلمبة عند أقصى كفاءه لها ذلك لأن دقة الأداء للطلمبة تتحدد بكل من ضغط الضخ، طاقة الضخ وهذا يمكن أن يتغير كثيراً. كفاءة الطلمبات ذات طاقة الضخ الصغيرة والتي تعمل في المجتمعات النامية تكون عادة صغيرة. حيث تكون ما بين30% للطلمبة 0.4 كيلو وات، 60% للطلمبة 4 كيلو وات.

(2) إحتياجات الطاقة للطلمبة :

متطلبات الطاقة لتشغيل الطلمبة يمكن حسابها بالمعادلة الأتية:

$$N = \frac{P.g.Q\,(H_s + iL)}{e}$$

حيث :

N = الطاقة المطلوبة للضخ بالوات

Q = معدل الضخ لتر / الثانية

P= الكثافة النوعية للماء (جرام م سم^3) =1

e= كفاءة الضخ (نسبة مئوية).

i= الفقد فى الضغط عند ظروف التشغيل(متر ضغط/طول الماسورة بالمتر).

Hs= الضغط الإستاتيكي بالمتر.

L= طول الماسورة بالمتر.

g= الجاذبية = 9.81 متر / ثانية^2

وفي حالة الطلمبات ذات طاقة الضخ الصغيرة التي قدرت بنسبة 50% يمكن تبسيط المعادلة السابقة كالآتى :

$$N = 2O \times Q (Hs + i.L) \text{ Watts}$$

مثال :

للامداد بالمياه لتجمع سكني بمعدل الإمداد هو 110000 لتر في 12 ساعة. الضغط الإستاتيكي 36 متر، طول خط المواسير 450 متر. عين قطر خط المواسير، والطاقة الكهربية اللازمة لتشغيل الطلمبة.

معدل الإمداد بالمياه Q = 110000÷ 12 ×36000 = 2.55 لتر في الثانية من الجدول (3/2). يلاحظ أن خط مواسير بقطر 50مم يمكن اختياره مع فقد في الضغط 43 متر/كيلو متر بالنسبة لمعدل تدفق 2.55 لتر في الثانية. الطاقة الكهربية المطلوبة.

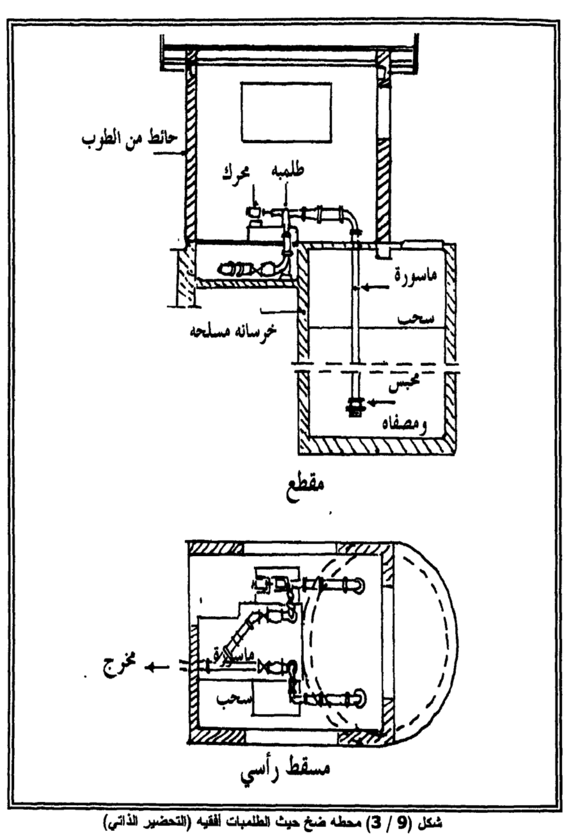
$$N = 2O \times Q (Hs+ I.L) \text{ Watts}$$

N = 20 × 2.55 (26+ 0.043 ×450) = 2310 وات

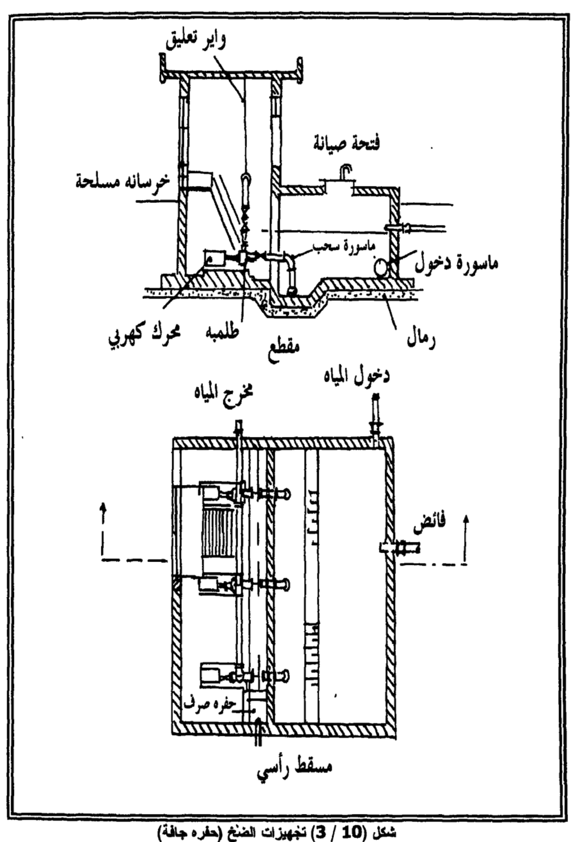
= 2.31 كيلوات

(3) إنشاءات الطلمبة :

محطات الطلمبات يمكن أن تكون غاطسة في الماء أو مركبة في غرفة طلمبات. لسهولة التركيب الطلمبات الأفقية توضع أحياناً فوق سطح الأرض في تلك الحالة يجب أن تكون الطلمبة من نوع التحضير الذاتي. مثال لمختلف الإنشاء للطلمبات موضع في الشكل (3/9) ، (3/10).



شكل (9 / 3) محطه ضخ حيث الطلمبات أفقيه (التحضير الذاتي)



شكل (10 / 3) تجهيزات الضخ (حفره جافة)

ز- مواد المواسير :

يمثل خط المواسير استثمارات كبيرة لذلك فإن اختيار نوع المواسير يعتبر هام جداً وذلك لتوفر أنواع مختلفة من المواسير بمختلف الأقطار ومختلف ضغوط الاختبار. مواد المواسير الشائعة هي مواسير الزهر الرمادي، الزهر المرن، الصلب، الأسبستوس، بولي فينيل كلوريد (بي في سي)، البولي أيثيلين عالي الكثافة.

مناسبة استخدام أي نوع من هذه المواسير يتأثر بمدي توفرها وسعرها، القطر المتاح والضغط المطلوب، هذا بالإضافة إلى مقاومتها للتآكل والتلف الميكانيكي. رغم أن الظروف تختلف من مكان إلى آخر إلا أن الملاحظات العامة تنطبق في معظم الحالات وهي :

المواسير من الزهر المرن والصلب هي الأكثر قوة حيث يكون استخدامها مناسب في ضغوط التشغيل العالية ولكن تكاليف الوصلات، المحابس .. الخ تزداد بسرعة بالنسبة للمواسير ذات الضغوط العالية، ولذلك ينصح بخفض الضغط الداخلي للماسورة بتوفير محبس خفض الضغط أو خزان خفض الضغط. يمكن الاعتماد على خزان خفض الضغط أكثر من الاعتماد على محبس خفض الضغط.

مواسير الأسبستوس لا يناسب استخدامها خطوط النقل الرئيسية لتفادي الوصلات الخلسة، بالإضافة إلى أن هذا النوع من المواسير قد ينفجر عند سحب المياه من الخط بطريقة غير صحيحة.

كذلك فإن الوصلات الخلسة من المواسير (بي في سي) يصعب إيقافها ولكن بالنسبة لمواسي الزهر والصلب فإنه يصعب عمل الوصلات الخلسه بدون معدات وأدوات خاصة .

المواسير (بي في سي)، البولي إيثلين مقاومة للتآكل ولكنها تفقد قوتها عند التعرض لأشعة الشمس لمدة طويلة، لذلك يجب التخزين في أماكن بعيدة عن الضوء المباشر للشمس.

مواسير البولي أثيلين عالية الكثافة المرنة مناسبة جداً للاستخدام بالنسبة للأقطار الصغيرة ذلك بسبب توفرها في شكل لفات (رولات) بأقطار 160مم وأقل. بذلك فإن عدد الوصلات الضرورية سينخفض كثيرا بالإضافة إلى أن هذه الماسورة من البولي اثيلين عالي الكثافة لا تتلف عند التعرض لأشعة الشمس بالإضافة إلى المقاومة العالية للتآكل الداخلي والخارجي.

وبإيجاز ففي حالة خطوط المواسير ذات القطر الصغير أقل من 150مم يكون من المفضل استخدام مواسير البلاستيك من (البي في سي) والبولي أيثلين. في حالة أقطار المتوسطة من 300 حتى 400مم يمكن استخدام مواسير الأسبستوس. تستخدم مواسير الزهر المرن وأحياناً الصلب المبطن في حالة الأقطار الكبيرة، وكذلك في حالة ضرورة استخدام الضغوط العالية في خطوط المواسير ذات الأقطار الصغيرة.

الجدول (3/4) يوضح الخصائص النسبية لمواد المواسير المستخدمة في خطوط مواسير نقل المياه :

جدول (3/4) مقارنة مواد المواسير :

مادة الماسورة	بي في سي بولي إيثلين	اسبستوس	زهر رمادي مرن		صلب	
			غير مبطن	مبطن	غير مبطن	مبطن
تكاليف الماسورة	+	+	−	−	−	−
توفر الماسورة بالقطر الكبير	−	− +	+	+	+	+
الخواص الميكانيكية	−+	+	++	++	++	++
مقاومة الانفجار عند عمل وصلات خلسة	+	−،	++	++	++	++
مقاومة التآكل	++	−+	+−	+	−	+

++ : مناسب جداً

+ : مناسب ومعقول

+ ــ: مناسب

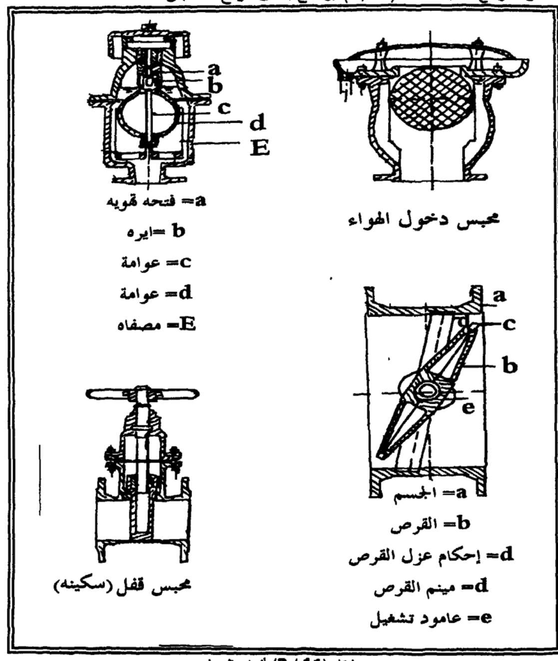
ــ : مناسب بدرجة منخفضة

بصرف النظر عن محابس القفل (السكينة) ومحابس عدم الرجوع التي يتم تركيبها عند مخارج الطلمبة في حالة الضخ للإمداد بالمياه ، فإنه تستخدم أنواع مختلفة من المحابس والمهمات في خطوط نقل المياه. نظراً لأن خطوط نقل المياه تسير تقريباً حسب طبوغرافية الارض. فإنه يلزم توفير نظام لتصريف الهواء في النقط المرتفعة وكذلك في التخلص من الترسيبات والغسيل في النقط المنخفضة. محابس تصرف الهواء شكل (3/11) يجب تركيبها في جميع النقط المرتفعة على طول خط المواسير وقد يلزم تركيبها في أماكن متوسطة على الأطوال ذات الانخفاض المنتظم في الضغط لتجنب انخفاض الضغط . فإنه يلزم توفر محابس دخول الهواء وتركيبها حيث تعمل على سحب الهواء إلى خط المواسير عند خفض الضغط الداخلي لأقل من المستوى الحرج. عند أدني نقط في خط المواسير، يلزم توفير محابس تصريف لتسهيل تصريف وغسيل خط المواسير .

في خطوط المواسير الطويلة ، يلزم تركيب محابس قفل (سكينة) لتسهيل عزل قطاعات من الخط لأغراض الإصلاح أو التفتيش. خاصة في حالة استخدام مصدرين فإنه من المفيد توصيلهما على مراحل في حالة حدوث تسرب أو انفجار أحد المواسير فإنه يمكن خروج وصلة واحدة من الوصلات المزدوجة الرئيسية من الخدمة بينما تظل الوصلة (المقاطع) الأخري لهذا المصدر. وإجمالي الخط في الاستخدام، وبذلك فإن طاقة التوصيل المزدوج لا تنخفض. يجب ملاحظ أن هذه الميزة مكلفة نظراً لأن كل وصلة بين التوصيلات مزدوجة المصدر تحتاج إلا ما لا يقل عن خمس محابس.

محابس القفل (السكينة تستخدم فقط في حالة القفل الكامل أو الفتح الكامل. بالنسبة للأقطار من 350 مم و أقل يمكن استخدام محبس واحد في حالة الأقطار الكبيرة يمكن استخدام محبس بقطر صغير للصرف الجانبي مع محبس آخر كبير نظراً لأن قفل المحبس الكبير قد يشكل صعوبة. في حالة الحاجة إلى بثق المياه بواسطة محبس (تصرف جزئي) فإنه عندئذٍ تستخدم محابس الفراشة.

هذا النوع من المحابس يمكن استخدامه بديلاً عن محبس القفل (السكينة) ولكنه سعره مرتفع نسبياً الشكل (3/11) يوضح بعض أنواع المحابس.



شكل (11 / 3) أنواع المحابس

2ـ توزيع المياه :

مقدمة :

نظام توزيع المياه (أو شبكة التوزيع) يعمل على نقل وتوزيع المياه التي عولجت إلى مكان المستهلك. في حالة الإمدادات الصغيرة للمياه فإن نظام التوزيع والتخزين للمياه يجب أن يتصف بالبساطة ورغم هذا فإنه يمثل استثمارات كبيرة بجانب أن التصميم يجب أن يكون متقناً.

عموماً، نظام التوزيع للمجتمع الصغير يصمم لتوفير الاحتياجات المنزلية وأي استخدامات أخرى للمياه. تختلف احتياجات الماء خلال اليوم حيث يزداد معدل استهلاك المياه خلال النهار وينخفض أثناء الليل. تستخدم خزانات المياه لتجميع المياه خلال الليل ليمكن الإمداد بها خلال النهار حيث زيادة معدل الاستهلاك .

من الضروري المحافظة على الضغط الكافي في شبكة التوزيع بهدف حماية المياه من التلوث من خلال تسرب المياه الملوثة. بالنسبة للإمدادات الصغيرة للمياه فإن الضغط المناسب للمياه يجب أن يكون حوالي 6 متر في معظم الأحوال.

أ- أنواع نظم التوزيع :

يوجد أساساً نوعان من نظم توزيع المياه شكل (3/12)

*طريقة الفرعات حيث نهايات الخطوط غير متصلة (الشجرية) .

*طريقة النظام المقفل.

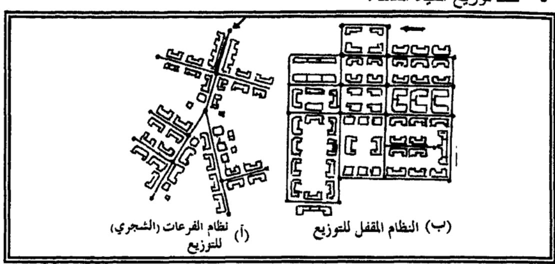
نظم التوزيع الشجرية تستخدم فقط في الإمدادات الصغيرة حيث نهايات الخطوط غير متصلة وحيث يتم الإمداد بالمياه عادة خلال نقط التوزيع للمياه بالإضافة إلى وجود وصلات منزلية. بالنسبة لنظم التوزيع الأكبر قليلا يستخدم النظام القطري (المقفل).

طريقة الفرعات الشجرية لها ميزة حيث التصميم على استقامة واحدة، بما يمكن من سرعة تعيين اتجاه تدفق المياه في كل المواسير وكذلك معدل الدفق. وهذا ليس سهلا كما في حالة النظام المقفل حيث يمكن أن تتغذي الماسورة الثانوية من جانبين، وهذا له تأثير كبير على التصميم الهيدروليكي لشبكة التوزيع. كما أن له أهمية خاصة وذلك في حالة خروج أحد الفرعات الرئيسية من الخدمة (للإصلاح أو للصيانة). النظام للشبكة المقفلة له عادة حلقة مقفلة من المواسير الرئيسية والتي تتصل بها المواسير الفرعية. في نظم التوزيع الكبيرة تكون المواسير الفرعية عادة متقاطعة بما يتطلب كثيراً من المحابس والقطع الخاصة شكل (3/13).

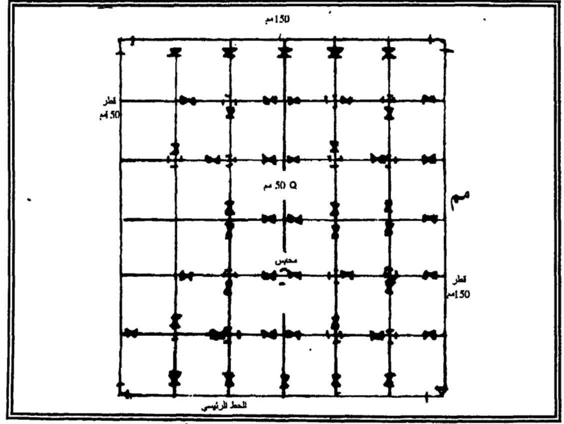
في نظم الصرف الصغيرة حيث عدم التقاطع مع المواسير الثانوية والتي لا تتقاطع يمكن أن يفيد بالنسبة لخفض التكلفة (3/14) بالنسبة عدد ونوع نقط المياه (وصلات الخدمة) حيث تتوفر المياه للمستهلك بلا تأثير كبير على تصميم نظام توزيع المياه.

يمكن التعرف على الأنواع الآتية من وصلات الخدمة

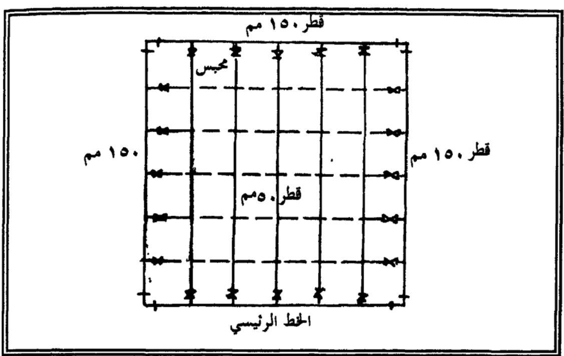
- وصلة منزلية.
- وصلة حوش المنزل.
- نقط توزيع المياه العامة.



شكل (3 / 12) نظم توزيع المياه



شكل (3 / 13) مواسير متقاطعة



شكل (14 / 3) مواسير ثانوية لا تتقاطع

(1) الوصلة المنزلية :

وهي توصيل ماسورة المياه بالسباكة المنزلية حتى صنبور أو أكثر (كمثال في المطبخ والحمام ، عادة تستخدم مواسير $\frac{3}{8}$" (9مم) ، $\frac{1}{2}$" ، (12مم). نموذج لهذا المخطط في الشكل (3/15) .

يتم توصيل ماسورة الوصلة المنزلية بخط مواسير المياه باستخدام وصلة حرف T (في حالة المواسير ذات القطر الصغير) أو باستخدام البريزة أو الحلقة (Saddle) وذلك في حالة المواسير الثانوية ذات القطر الكبير. توجد قطع خاصة للتوصيل في حالة استخدام مواسير الزهر الرمادي والزهر المرن .

(2)وصلة أحواش المنزل أو في مكان فسيح أو على نواصي الشوارع:

وهذه تشبه الوصلة المنزلية ، الفرق الوحيد هو أن الحنفيات توضع في هذا الفضاء خارج المنزل أحياناً. لا توجد مواسير أو وصلات داخلية شكل (3/16).

يستخدم للوصلات المنزلية أو وصلات الحوش مواسير البلاستيك (بي في سي)، الزهر، الصلب المجلفن.

(3) نقط توزيع المياه العامة :

استخدمت نقط توزيع المياه العامة لمدة طويلة في توزيع المياه، ونظراً لتكلفتها واقتصادياتها الفنية فإنها ستستمر في عمل هذه الخدمة في كثير من التجمعات

السكنية لمدة طويلة مستقبلاً. توضع كل نقطة توزيع في مكان مناسب في المنطقة السكنية بهدف تحديد مسافة الذاهب لجمع المياه، حيث يجب أن تكون هذه المسافة في حدود 200 متر حتى 500 متر.

طاقة التصرف المطلوبة لمنطقة التوزيع هي حوالي 14-18 لتر في الثانية. يستخدم صنبور واحد لكل 40-70 شخص. النقطة ذات أكثر من صنبور يمكن أن تخدم 200- 300 شخص، في جميع الحالات فإن عدد المستفيدين من نقطة توزيع مياه واحدة يجب ألا يزيد عن 500 شخص.

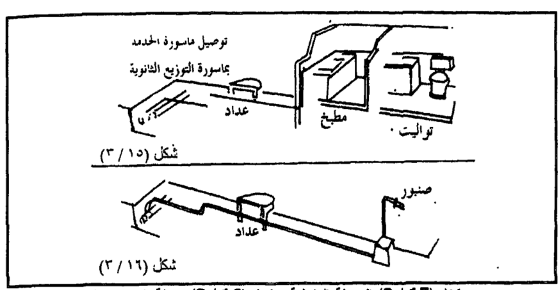
نقطة توزيع المياه العامة يمكن أن تعمل عند ضغط منخفض. نظام التوزيع الذي يخدم نقط التوزيع العامة فقط يستخدم خطوط مواسير ذات ضغط منخفض أما خطوط المواسير في شبكة التوزيع التي تعمل مع الوصلات المنزلية تكون عادة ذات ضغط أعلى.

يحدث الفقد في المياه من نقط التوزيع، وخاصة في حالات عدم إمكان قفل الصنبور. كما أن هناك احتمالات إتلاف هذه الصنابير بالإضافة إلى ضعف الصرف للمياه المهدرة بما يشكل تراكمات من المياه الراكدة الملوثة ذات الأثر الصحي السلبي.

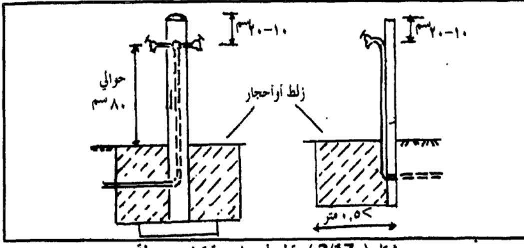
المياه التي تؤخذ من نقط توزيع المياه العامة تحمل إلى المنزل في آنية (مثل الجركن أو الأوعية من الفخار) وهذا يعني احتمالات حدوث تلوث للمياه بعد أخذها. معدل استهلاك المياه من نقط توزيع المياه العامة عادة لا يزيد عن 20-30 لتر اليوم / الفرد. ولكن المياه المنتجة من الوصلات المنزلية أو وصلات الحوش المنزلي قد يكون معدل استهلاكها أعلى بسبب أعمال النظافة والمحافظة على الصحة العامة .

نقط توزيع المياه العامة قد يكون لها صنبور واحد أو ذات صنبورين وهي تصنع من الطوب أو الخرسانة، وقد يكون لها مصاطب ذات مستويات مختلفة لتسهيل وصول الكبار والصغار والحصول على المياه في آنية مختلفة الأحجام مثال الموضح في الشكل (3/17)، الشكل (3/18). صنابير في نقط توزيع المياه العامة قد تسحب المياه من خزان صغير وهو طريقة تبادلية لتوزيع المياه شكل (3/19).

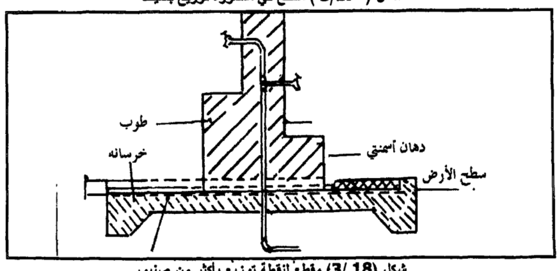
تعتبر نقط توزيع المياه العامة هي البديل الوحيد الاقتصادي لتوزيع المياه لعدد كبير من الأفراد الذين لايستطيعون تحمل تكاليف الوصلات المنزلية أو وصلات الحوش، هذا بالإضافة إلى أن حالة المبانى في كثير من الحالات لا تناسب إدخال السباكة المنزلية. وما يترتب على ذلك من متطلبات الصرف الصحي وتكاليفه الإضافية. ولذلك فإن نقط التوزيع العامة للمياه يلزم استخدامها مع العمل على تلافي سلبياتها ما أمكن ذلك.



شكل (15 / 3) الوصلة المنزلية ، شكل (16 / 3) وصلة الصنبور العام



شكل (3/17) مقطع في ماسورة توزيع بسيطة



شكل (18 /3) مقطع لنقطة توزيع بأكثر من صنبور

(4) التطوير المرحلي لنظم التوزيع :

لقد أظهرت الخبرة أنه يمكن تطوير نظم توزيع المياه على مراحل، حيث يتم التطوير على خطوات وذلك حسب التطور في المستوى المعيشي للمجتمع وتوفر الاستثمارات . لذلك فعند تصميم شبكة التوزيع فإنه يلزم أن يؤخذ في الاعتبار التطور المستقبلي كما أن يؤخذ في الاعتبار زيادة الاحتياجات المائية للفرد والذي يرتبط بتحسين الإمدادات بالمياه.

تكاليف نظام توزيع المياه يتوقف أساساً على إجمالي أطوال المواسير المنشأة وبدرجة أقل بالنسبة لقطر هذه المُواسير. لذلك فإنه يلزم مراعاة التصميم ليشمل أقصى طاقة تحميل للشبكة. وينطبق هذا كذلك في حالة تصميم الشبكة لتوفير المياه لبعض نقط الإمدادات بالمياه العامة.

لذلك عند البدء يتم توفير نقط إمداد عامة على مسافة كبيرة التي يمكن إمدادها من مصدر واحد أو من عدة مصادر (خطوط إمداد). يمكن الاستفادة بخزان علوي لتوفير التغذية بالمياه لشبكة التوزيع، خاصة في حالة سحب المياه من المصدر بالضخ.

في المرحلة التالية، يمكن إضافة نقط إمداد عامة جديدة لخفض المسافات لحمل المياه بواسطة المستخدمين وهذا يتطلب وضع خطوط توزيع إضافية مع مواسير ثانوية التي تخدم التجمعات الأكثر كثافة .

عند انتشار هذا المستوى الأساسي لخدمة توفير المياه خلال التجمع السكني، فإنه يمكن أن يلي ذلك عمل وصلة الحوش والوصلة المنزلية هذا مع زيادة نقط التوزيع العامة للمياه لهؤلاء المستهلكين الذين يعتمدون على هذا النوع من إمدادات المياه.

ب- الاعتبارات التصميمية :

(1) معدلات استهلاك المياه ، عوامل الذروة :

يختلف معدل استهلاك المياه اليومي في منطقة سكنية خلال العام وذلك حسب الإطار الموسمي للمناخ، حالة العمل اليومي (وقت الحصاد) وعوامل أخرى مثل: المناسبات الثقافية أو الدينية. يقدر أقصى احتياج يومي بإضافة 10–30% إلى متوسط الاستهلاك اليومي .

لذلك فإن معامل الذروة للاستهلاك اليومي (k1) هو 1.1 إلى 1.3 . التغير في الاستهلاك خلال ساعات اليوم يكون أكثر، يلاحظ وجود فترتين للذروة واحدة في الصباح وواحدة آخر النهار شكل (3/20).

مثال :

بالنسبة لنظام توزيع في مساحة معينة، قدر متوسط الاستهلاك اليومي ليكون 500.00 لتر في اليوم .

Q متوسط الاستهلاك اليومي = 500000 لتر / يوم

Q يوم الذروة = 500000 × 1.2=600000 لتر / يوم

q متوسط المعدل في الساعة = 600000 ÷ 24=25000 لتر / ساعة

q متوسط ساعة الذروة = 25000 × 1.8=45000 لتر / ساعة

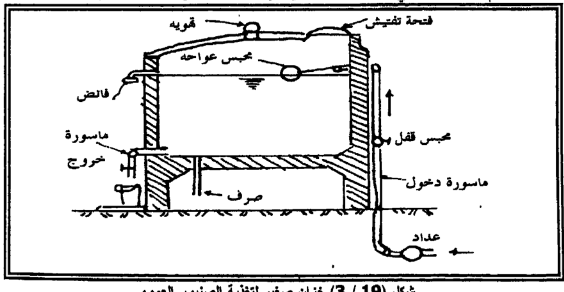
خزانات المياه :

في حالة عدم وجود خزان للمياه في منطقة التوزيع، فإن مصدر الإمداد ومحطة المعالجة يجب أن يكون قادر على تلبية التغيرات من الاحتياجات المائية للتجمع السكاني. وهذا طبيعي غير اقتصادي كما لا يمكن تحقيقه من الناحية الفنية غالباً.

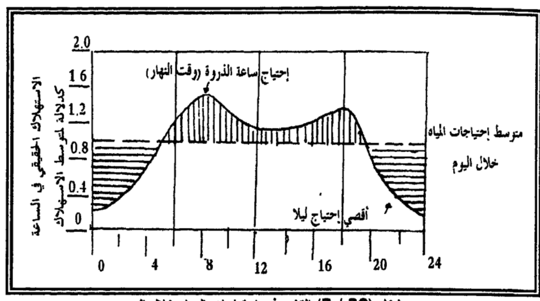
الطاقة التصميمية لمختلف مكونات نظام الإمداد بالمياه كما في الشكل (3/21) بالاختصار.

مكونات نظام توفير المياه	الطاقة التصميمية
مصدر المياه، خط النقل، محطة المعالجة	طبقاً لاحتياجات يوم الذروة
نظام التوزيع	طبقاً لاحتياجات ساعة الذروة

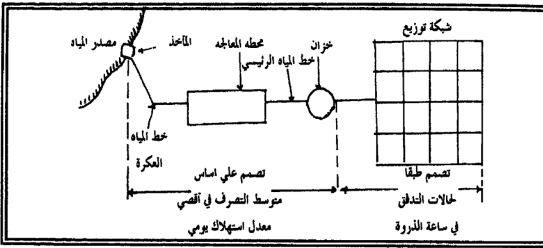
يقوم خزان المياه بتوفير الاتزان ومعدل الإمداد الثابت من المصدر و/ أو من محطة المعالجة مع التغيرات في احتياجات المياه في منطقة التوزيع كما يجب أن يكون حجم التخزين كافي للمواءمة ما بين الإمداد بالمياه واستهلاك المياه.



شكل (3 / 19) خزان صغير لتغذية الصنبور العمومي



شكل (20 / 3) التغير في احتياجات المياه خلال اليوم



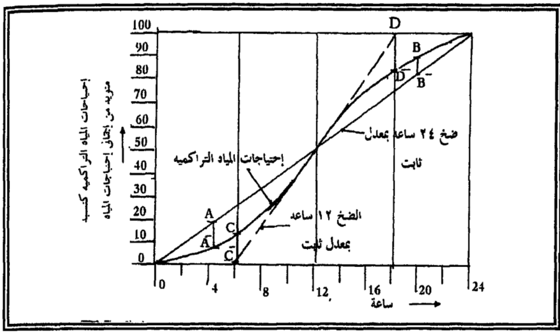
شكل (21 / 3) تصميم طاقة مكونات نظام الإمداد بالمياه.

(3) يمكن تعيين حجم التخزين المطلوب كالأتي :

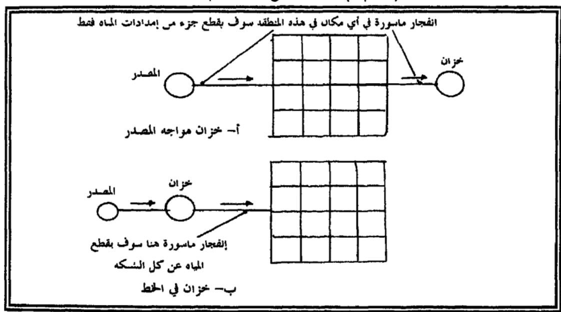
الحجم المقدر من المياه (المثال في الشكل (3/20) يعبر عنه كنسبة من الاحتياج الكلي عن يوم الذروة. وتوقع على المنحني التراكمي لاحتياجات المياه شكل (3/22) معدل الإمداد المستمر عندئذٍ يتم رسمه على نفس المخطط، كخط مستقيم .

عندئذٍ يمكن استنتاج الحجم المطلوب من المخطط. بالنسبة للإمداد بمعدل ثابت 24 ساعة في اليوم ، فإن الحجم المطلوب موضح ب A-A' + B-B' حوالي 28% من إجمالي احتياجات يوم الذروة في حالة الزيادة الكبيرة لطاقة الضخ بما يجعل الاحتياج اليومي يمكن أن يتقابل مع الضخ لمدة 12 ساعة، التخزين المطلوب سيكون -C-C'+ D-D'، حوالي 22% من إجمالي احتياجات يوم الذروة. خزان المياه حيث حجم التخزين 20-40 % من احتياجات يوم الذروة سيكون مناسب عموماً وإن كان الخزان الأكبر يمكن أن يوفر أي اضطراب في إمدادات المياه .

يوضع الخزان قريباً من موقع التوزيع ما أمكن. كما يوضع على منسوب عالي، وإن كان هذا متوفر بعيداً عن منطقة التوزيع الشكل (3/23) يوضح نظامين محتملين .



شكل (3 / 22) مخطط يوضح تعيين حجم التخزين المطلوب

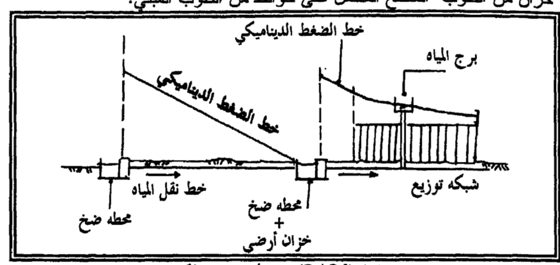


شكل (3/23) موقع خزان المياه

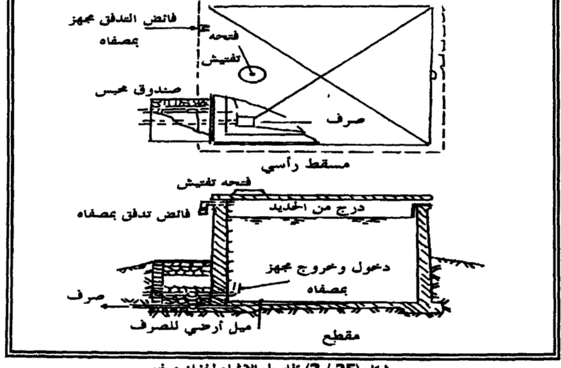
في المناطق المستوية حيث لا توجد مناطق مرتفعة لوضع الخزانات الأرضية، فإنه يمكن استخدام الخزانات المرتفعة أو العلوية. كمبدأ هذه الخزانات المرتفعة يجب أن يكون لها حجم التخزين مثل الخزان الأرضي.عملياً، الخزانات العلوية يجب أن تكون صغيرة نسبياً فى الحجم نظراً لارتفاع تكلفتها عن الخزانات الأرضية.

في بعض الأحيان يمكن استخدام خزان أرضي ومحطة ضخ شكل (3/24) ولكن هذا النظام عموماً يعتبر معقد بالنسبة للتجمعات الصغيرة. الخزانات الأرضية عادة تكون من الخرسانة المسلحة. أما الخزانات العلوية فإنها تكون من الصلب أو الخرسانة المسلحة. الخزانات من الصلب تحمل على هيكل معدني أو خشبي.

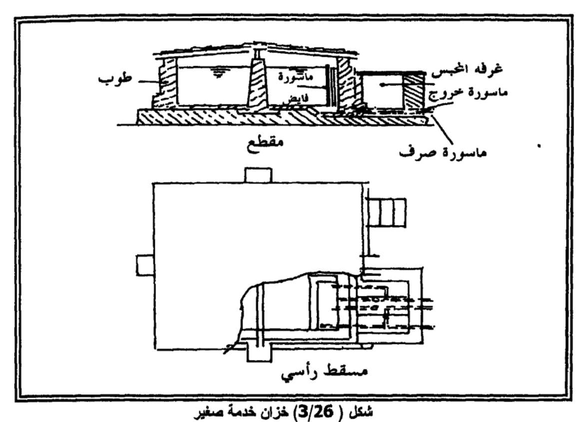
مثال: الخزانات صغيرة موضح في الشكل (25، 3/26) خزان المياه المرتفع من الصلب المرفوع على هيكل من الطوب موضع في الشكل (3/27)، والشكل (3/28) خزان من الطوب المسلح المحمل على حوائط من الطوب المبني.



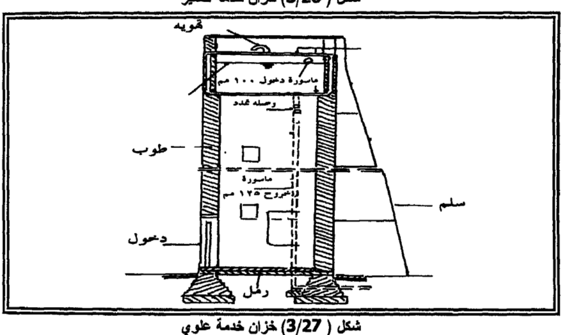
شكل (24 / 3) خزان أرضي ومحطة ضخ



شكل (25 / 3) تفاصيل الإنشاء لخزان صغير



شكل (3/26) خزان خدمة صغير



شكل (3/27) خزان خدمة علوي

د- تصميم شبكة التوزيع :

بعد وضع المخطط العام لنظام شبكة التوزيع ومكوناتها الرئيسية، فإنه يتم تقسيم منطقة التوزيع إلى عدد من القطاعات حسب طبوغرافية الأرض،حسب استخدامات الأرض، حسب الكثافة السكانية. والحدود يمكن أن تكون على طول المجاري المائية،

الطرق، الأماكن المرتفعة أو أي ظواهر أخرى والتي تميز كل قطاع. يمكن بعد ذلك توقيع خطوط التوزيع الرئيسية والخطوط الثانوية على المخطط.

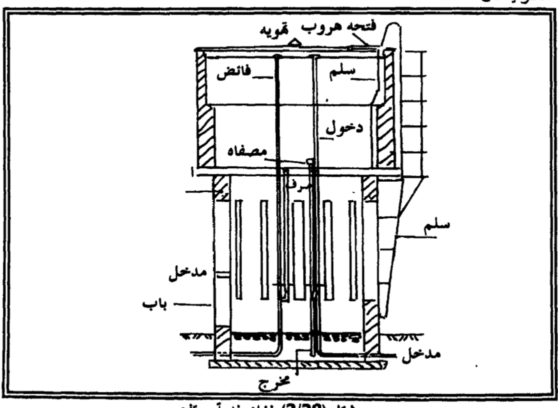
بمجرد تثبيت كل القطاعات، يتم تقدير عدد السكان في كل قطاع أو يتم حسابه من أى بيانات متاحة. احتياجات الإمداد بالماء للقطاع يتم حسابها باستخدام مخططات معدل الاستهلاك للفرد وتقدير الاحتياجات الأخري غير الاحتياجات المنزلية.

رغم أنه من الناحية العملية أن المياه سوف يتم سحبها عند أي نقطة على طول خط المواسير، إلا أنه من الناحية الهندسية يفترض أن كل السحب يكون مركز في نقط التقاطعات من شبكة التوزيع وبذلك تكون الحسابات الهيدروليكية سهلة بهذه الفرضية والأخطاء تكون مهملة.

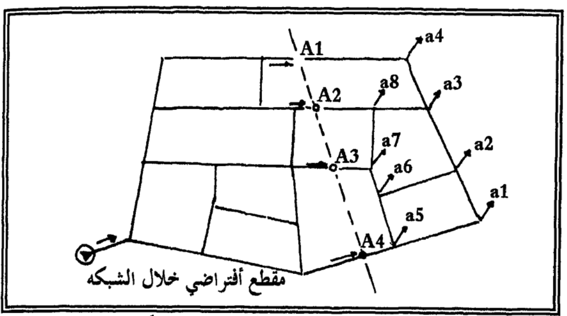
بعد تعيين السحب في التقاطعات يمكن فرض توزيع التدفق علي مختلف المواسير وتقدير قطر الماسورة المطلوب. أحد الطرق للفرضية الأولي وأقطار المواسير المطلوبة هو عمل تصور لقطاعات في كل شبكة التوزيع .

إجمالي المياه المطلوبة في نهاية تحت التيار للقطاع يكون معروف، سرعة التصميم المختارة للتدفق تعطي التقدير الأولي لإجمالي مساحة المقطع للمواسير التي تقطع بواسطة قطاع فرضى شكل (3/29).

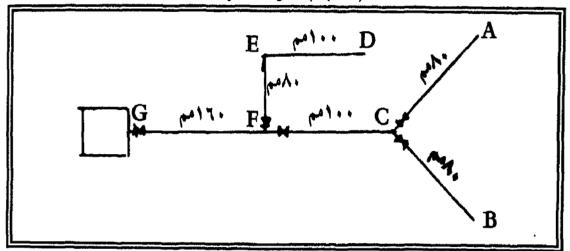
المواسير كل على حدة يمكن عندئذٍ تقدير قطرها بحيث أن تعطي كلها مساحة المقطع المطلوبة. بالنسبة للتصميم الأولي لنظام شبكة توزيع بسيطة، يمكن استخدام طريقة بسيطة باستخدام معدل استهلاك المياه لكل متر طولي من ماسورة التوزيع. هذا المعدل يتأثر إلى حدٍ كبير بنوع الإمداد بالمياه المتاح ــ نقط التوزيع العامة، نقطة الحوش، الوصلات المنزلية كل هذه معا.



شكل (3/28) خزان خدمة مرتفع



شكل (29 / 3) مقطع إفتراضي خلال الشبكة



شكل (30 / 3) نظام توزيع مياه مبسط

المثال التالي يوضح طريقة التصميم المبسطة هذه شكل (3/30)

بيانات التصميم

عدد الأفراد المخدومين	1750 فرد
إجمالي طول المواسير	600 متر
متوسط الاستخدام اليومي	50 لتر / اليوم / الفرد
أقصى استهلاك يومي المعامل (K_1)	1.2
أقصى ساعة استهلاك يومي المعامل(K_2)	1.5

الحسابات :

متوسط تدفق المياه التي تحملها شبكة التوزيع :

QAV =175 × 50- 8750 لتر / اليوم = لتر / الثانية

التدفق عند الذروة الذي تحمله الشبكة=1.21×1.5 ×1- 1.8 لتر/ الثانية

معدل استخدام المياه لكل متر طولي من شبكة التوزيع

q $\frac{1.8}{600}$ 0.003 لتر/الثانية/المتر الطولى

بضرب إجمالي طول الماسورة لكل قطاع مستقل في وحدة معدل التدفق يعطي التدفق التصميمي الذي منه يمكن حساب قطر الماسورة ذلك بالنسبة لسرعة تدفق معينة . أقصى تدفق الذي تحمله ماسورة بلاستيك لأغراض التصميم أو يؤخذ المعدل 0.75 متر / الثانية كما في الجدول (3/5).

جدول (3/5) أقصى طاقة تحميل لمواسير البلاستيك (V = 0.75متر/الثانية)

القطر بالمليمتر	أقصى تدفق لتر/ ثانية	الانخفاض في الضغط الهيدروليكي
30	0.6	0.023
40	0.9	0.020
50	1.5	0.015
60	2.1	0.011
80	3.4	0.009
100	6.0	0.007
150	13.3	0.004

الحسابات التجريبية للتصميم يمكن عملها بسرعة في شكل جدول (3/6)

جدول (3/6) الحساب التجريبي لأقطار المواسير في شبكة التوزيع

القطاع	الطول بالمتر	إجمالي الطول	التدفق التصميمي لتر/ ثانية	قطر الماسورة بالمليمتر
A-C	80	80	0.24	30
B-C	80	80	0.24	30
C-F	100	260	0.78	40
D-E	100	100	0.30	30
E-F	80	180	0.54	30
F-G	160	600	1.86	60

السرعة التصميمية = 0.75 متر / الثانية

الفصل الرابع

الملاحق للباب الأول

ملحق (أ): المعاينة والتقييم الصحى للمصدر المائى

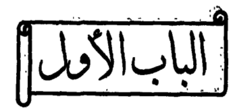
ملحق (ب): دراسات تجريبية لتصميم حوض الترسيب فى محطة معالجة المياه

ملحق (جـ): الترشيح الرملى

ملحق (د): إختبار نوعية المياه

ملحق (هـ): استكشاف المياه الجوفية

ملحق (و): سحب المياه الجوفية



الملحق (أ) الباب الأول

المعاينة والتقييم الصحي للمصدر المائي

تتم المعاينة والتقييم الصحى بواسطة عناصر مؤهلة وذلك بالتفتيش والتقييم في الموقع لكل الظروف، التجهيزات، عمليات الإمداد بالمياه التي قد تسبب مخاطر صحية على المستهلكين. قد تشمل عملية المعاينة والتقييم كل أو جزء من نظام الإمداد بالمياه، طبقاً للغرض منها. أهمية التقييم الصحي للمصدر حيث يلزم أن يكون المأخذ من المجاري العذبة السطحية فوق التيار لمصادر التلوث.

كما يجب أن يتم التفتيش المنتظم لإمدادات المياه من المصدر حتى وصول المياه إلى المستهلك بواسطة متخصصين، مع أخذ العينات للكشف عن التلوث البكترويولوجى والذى يلزم تكراره مع تغير الظروف المناخية وخاصة بعد هطول الأمطار بغزارة أو بعد عمليات الإصلاح والإنشاء.

يجب التأكيد على أنه يحتمل تلوث المياه أثناء توزيعها في الشبكة حيث يجب عدم استخدامها بصرف النظر عن نتائج التحاليل الكيماوية والبيولوجية. التلوث يحدث عادة بطريقة متقطعة حيث قد لا يمكن كشفه بالتحاليل الكيماوية والبكترويولوجية أو من عينة واحدة والتي تعطي معلومات عن الحالة السائدة فقط عند أخذ العينة، النتائج المرضية لا تضمن أن الحالة الموجودة سوف تستمر في المستقبل.

بالنسبة لاختيار مصدر المياه الجديد فإن المعاينة والتقييم الصحي يجب أن يتم جنباً إلى جنب مع جمع البيانات الهندسية الأولية عن مدي ملاءمة المصدر وطاقته في توفير الاحتياجات الحالية والمستقبلية ، كما يجب أن تشمل المعاينة الكشف عن كل مصادر التلوث للمصدر وتقييم أهميتها الحالية والمستقبلية. في حالة المصدر الجاري استخدامه فإنه يجب أن تتم المعاينة والتقييم عادةً وطبقاً للموقف للحد من مخاطر التلوث والمحافظة على نوعية مياه المصدر.

من مسئولية الجهة المسئولة عن المتابعة والتقييم (عادة عناصر مؤهلة من مديرية الصحة التابع لها التجمع السكني) هو ذكر أن المياه آمنة أو أنها غير آمنة بالنسبة لمعايير معينة ولكن يجب أن يكونوا قادرين على إعطاء المشورة عن كيفية إزالة السلبيات وتحسين نوعية المياه ، وهذا يتطلب المعرفة بنظام الإمداد بالمياه ، بما فيها عمليات المعالجة مع وجود علاقة تبادل المعرفة والمعلومات مع العاملين في المعامل والعاملين في نظم معالجة وتوزيع المياه.

1- متي تتم المعاينة والتقييم الصحي :

تتم المعاينة والتقييم الصحي في الحالات الآتية :

أ- عند الدراسة الأولية لمصدر مياه جديد وبالتفصيلات الكافية لتعيين مدى مناسبة المصدر ودرجة المعالجة المطلوبة للمياه العكرة لاستخدامها في الشرب. يجب أن تتم الموافقة على المصدر الجديد بواسطة المسئولين عن الصحة العامة.

ب- عندما تظهر التحاليل المعملية للعينة من محطة المعالجة وجود أخطار على الصحة العامة، يجب أن تتم المعاينة فوراً لمعرفة مصدر التلوث. يجب التركيز أولاً على أسباب التلوث العادية. مثال لذلك فشل عملية الكلورة.

جـ- عند ظهور حالات مرضية في المنطقة المجاورة بسبب المياه.

د- عند ظهور ملوثات كيماوية أو بيولوجية أو طبيعية في عينات المياه.

هـ- عند حدوث أي تغيرات قد تؤثر على نظام المعالجة وتوزيع المياه. مثال لذلك إقامة منشأة صناعية جديدة .

المعاينة والتقييم الصحي السابق ينفذ مرة واحدة أو على فترات غير منتظمة.

و- كما يجب أن تتم المعاينة والتقييم الصحي على أساس منتظم ويتوقف معدل المعاينة وتوقيتاتها على حجم المحطة وتوفر العناصر المتاحة كما يجب مشاركة عمال محطة المعالجة وتدوين ملاحظاتهم. يجب أن تتم زيارة المحطة والموقع بواسطة العناصر الصحية مرة واحدة كل شهر على الأقل .

المياه من المحطات الكبيرة ستؤثر على عدد كبير من الأفراد، كما يجب تشجيع العاملين في المحطات الصغيرة ومجموعات الأهالي على تطوير الأداء، وتوفير المعلومات، وتوفير المعاونة الفنية في اختيار الموقع، التصميم والإنشاء.

تأهيل القائمين بالمعاينة والتقييم الصحي :

عادة يتم الإشراف الروتيني بواسطة عناصر من مديرية الصحة (وزارة الصحة) المدربين على النظام الهندسي المتعلق بإمدادات المياه كما يمكن تدريب الحاصلين على المؤهلات المتوسطة بعد تدريب عملي وفي الموقع لمدة عامين، حيث يمكن توفير المعاونة الفنية لهم عند الحاجة. بالنسبة لنظم الإمداد الكبيرة والمعقدة يتم الإشراف عليها بواسطة كوادر فنية عالية التأهيل.

حيث أن معظم الإشراف الفني يتم بواسطة العاملين في المحطة، ولذلك يلزم مصاحبتهم لأي مشرف خارجي لزيادة الوعي والتأهيل. كما يجب أن يتم التعرف على الاختيار المناسب لأماكن أخذ العينات للتحاليل الكيماوية والبيولوجية وقياس الكلور المتبقي.

يجب تعيين مسئول عن المحطة جاهز للتواجد في أي وقت وخاصة عند معالجة المياه من المصادر السطحية واستخدام الكلور للتطهير، كما يجب أن يتوفر لديه التجهيزات والمعدات الخاصة بالقياس لجرعة الكلور والكلور المتبقي، وكذلك متابعة التشغيل فى الظروف العادية والغير عادية وأعمال الصيانة كمثال: مراقبة

بئرين أو أكثر لسحب المياه الجوفية، مصدر الطاقة ونظام الرفع للخزان العلوي ومحابس شبكة التوزيع للقفل الجزئي عند الإصلاح.

أخذ العينات والمتابعة :

الغرض من أخذ العينات من مياه الشرب هو لتحديد صلاحيتها للشرب نظراً لأنه من المستحيل تحليل كل المياه، فإن العينة يجب أن تمثل الكمية الكبيرة من المياه. في حالة عدم العناية بأخذ العينة أو بأخذها من أماكن لا تمثل كل المياه عندئذٍ ينتفي الغرض من أخذ العينة بل قد تكون العينة تشكل خطورة لعدم مطابقتها للواقع. عينة واحدة تكون ذات قيمة محدودة، لذلك يلزم تسجيل بيانات لعدة عينات.

معدل وعدد العينات :

بالنسبة للمحطات الكبيرة يجب أن تؤخذ العينات للتحاليل الكيماوية والبيولوجية يومياً، وبالنسبة للمحطات الصغيرة يكتفي بأخذ العينات للتحاليل الكيماوية والبيولوجية أسبوعياً، وذلك مع متابعة الكلور المتبقي يومياً.

نقط أخذ العينات :

يجب عدم أخذ العنيات من نقطة واحدة في كل مرة بل يجب أن تكون من مختلف الأماكن في شبكة التوزيع . من العادات السيئة هي أخذ العينات من صنبور المعمل أو من المبني الإداري أو من أماكن إقامة العاملين.

يجب أخذ عينات الكلور المتبقي في المناطق ذات المشاكل المعروفة. مثال لذلك الأماكن ذات النتائج الغير مرضية في الماضي ، مناطق الضغط المنخفض، من مناطق ذات التسرب العالي والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية حيث الصرف الصحي غير متوفر بطريقة هندسية صحيحة، خزانات المياه، النهايات الميتة في خطوط المواسير، مناطق النهايات للشبكة والبعيدة عن محطة المعالجة.

جمع العينات :

القائمين بجمع العينات يجب أن يلقنوا بالآتي :

* مكان أخذ العينة، أهمية استخدام مركبات إزالة الكلور مثل مركب ثيوسلفيت الصوديوم في زجاجة العينة، قياس الكلور المتبقي بعد أخذ العينة مباشرة.

* المحافظة على تعقيم زجاجات العينات للتحاليل البكترولوجية.

* التداول والنقل السليم للعينات ووصولها إلى المعمل خلال 30 دقيقة بدون التعرض للحرارة أو لأشعة الشمس .

* أهمية التنسيق بين عناصر جمع العينات والقائمين على التحاليل في المعامل بالنسبة لتوقيتات نقل وتداول ووصول العينات إلى المعمل.

ملحق (ب) / الباب الأول

دراسات تجريبية لتصميم حوض الترسيب فى محطة معالجة المياه :

مقدمة :

لأغراض التصميم يمكن تقسيم حوض الترسيب إلى أربعة أقسام هي مناطق الدخول، الترسيب، الخروج، منطقة ترسيب الروبة شكل (ب-1).

الأداء الحقيقي لحوض الترسيب يحدث في منطقة الترسيب، مهمة منطقة الدخول هي توزيع المياه الداخلية بالتساوي على كل مساحة مقطع الحوض. منطقة الخروج تقوم بجمع المياه الرائقة بانتظام عل كل عمق وعرض الحوض. منطقة الروبة تحتوي على المواد العالقة التي تم ترسيبها من المياه.

عملية الترسيب يمكن أن تكون ذات الترسيب الحر أو من خلال التزغيب باستخدام كيماويات التزغيب والترويب. في عملية الترسيب الحر لا يحدث تجمع للأجسام الصغيرة العالقة أي زغبات كبيرة. وهذا يعني أنه خلال كل عملية الترسيب فإن حجم وشكل وكثافة الأجسام العالقة لا يحدث لها أي تغير، حيث تكون سرعة الترسيب ثابتة.

على الجانب الأخر عند استخدام مواد الترويب سيحدث تصادم والتصاق بين الأجسام العالقة وسترسب بسرعة عالية بسبب زيادة حجم الأجسام العالقة الملتصقة . هذه العملية ستكرر نفسها عدة مرات ، بما يزيد سرعة الترسيب مع زيادة نمو وكبر الجسيمات العالقة. والمسار الذي يسلكه الجسم العالق في منطقة الترسيب يتوقف على سرعتين .

سرعة الإزاحة الأفقية للماء وسرعة الترسيب للجسم العالق في الظروف المثالية، تكون السرعة الأفقية للماء وكل الأجسام العالقة بها ثابت V=V0 توزيع سرعات الترسيب يمكن تعيينها من خلال التجربة .

لعمل هذه التجربة، تستخدم أسطوانة من المفضل أن تكون من البلاستيك الشفاف. عادة يكون قطر الأسطوانة حوالي 20 سم وارتفاع حوالي 2 متر مع توفير عدد 2 صنبور أو أكثر شكل (ب/2). اختبار الترسيب يستغرق حوالي يوم واحد ويتطلب فقط مدة بسيطة.

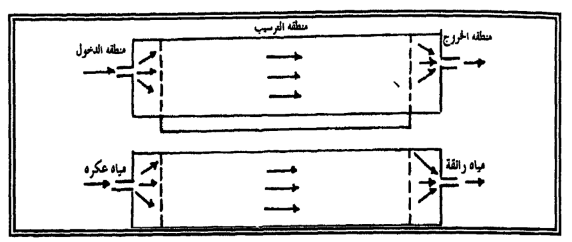
تُملأ الأسطوانة بعينة الاختبار للمياه بعد التقليب الهادي للتوزيع المتساوي للجسيمات العالقة على كل العمق ، يبدأ الاختبار عندما تصبح المياه مستقرة على فترات زمنية منتظمة يتم سحب عينات الماء عند صنابير العينات . يتم التحليل بالنسبة للعكارة ، المحتوي من المواد الصلبة العالقة أو أي عامل آخر من خصائص عملية الترسيب .

في حالة الترسيب الحر للحبيبات العالقة وبسرعة ترسيب ثابتة، عندئذٍ فإن العينة التي أخذت في التوقيت (t) على عمق (h) أسفل سطح الماء لا يمكن أن تحتوي عل أجسام عالقة ذات سرعة ترسيب أكبر من (h/t) شكل (ب/3) فمثلاً، في مثل تجربة الترسيب هذه، كانت القياسات للعينات التي تم سحبها على عمق (h) كالآتي :

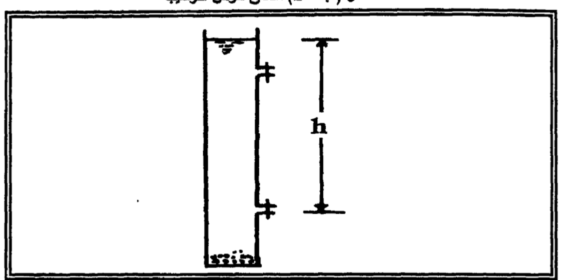
الوقت (t)= صفر $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$ 1 $1\frac{1}{2}$ 2

المحتوي من المواد الصلبة (C)= 86 83 63 49 37 16 6 ملجرام / لتر

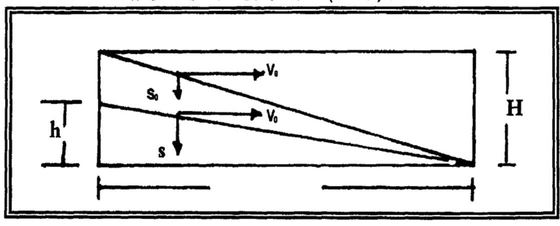
من هنا التغير التراكمي لتوزيع سرعات الترسيب يمكن حسابه.



شكل (ب – 1) مناطق حوض الترسيب



شكل (ب – 2) أسطوانة إختبار تحليل سرعة الترسيب



شكل (ب – 3) مسار رحلة الجسم العالق في منطقة الترسيب

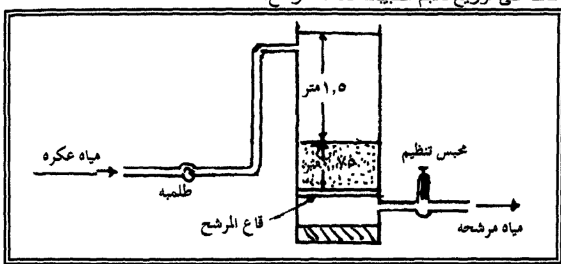
ملحق ج/ الباب الأول

الترشيح الرملي:

الترشيح الرملي البطئ :

تتأثر نتائج الترشيح بالنسبة لنوعية المياه المرشحة وطول دورة الترشيح أساسا بأربعة عوامل تصميمية وهي: سمك طبقة الترشيح، توزيع حجم الحبيبات لمادة المرشح ، معدل الترشيح ، عمق المياه فوق الوسط الترشيحي.

بالنسبة للترشيح الرملي البطيء هذا التداخل بسيط إلى حدٍ ما حيث في حالة سمك الوسط الترشيحي أكبر من 0.6 متر فإن تحسن نوعية المياه المرشحة يتوقف فقط على توزيع حجم الحبيبات لمادة المرشح.



شكل (ج-1) تجربة مرشح رملي بطيء

تأثير توزيع حجم الحبيبات على نوعية المياه المرشحة وبالتحديد عن وجود الكوليفورم، إي ــ كولاي، يمكن تعيينه بجهاز تجريبي، حيث يملأ المرشح التجريبي بأنواع مختلفة من الرمال المحلية هذه المرشحات التجريبية سهلة البناء، حيث يمكن استخدام قطاع من ماسورة خرسانية أو من ماسورة أسبستوس بطول 3 متر وبقطر 0.5 – 1.0 متر كما في الشكل (ج –1).

على أساس سلسلة التجارب الأولي ، فإنه يتم اختيار الرمل المستخدم دقيق لدرجة الحصول على مياه مرشحة ذات نوعية مقبولة ــ السلسلة الثانية من التجارب تستخدم نفس الحجم من حبيبات الرمال. بالنسبة لمعدلات الترشيح المختلفة تحدد طول دورة الترشيح. في الحالات المتوسطة. دورة الترشيح لمدة شهرين تكون مناسبة ، بينما أدني قيمة في فترات العكارة العالية للمياه الداخلة يجب ألا تقل عن أسبوعين .

يتوقف طول دورة الترشيح كذلك على أقصى فقد في الضغط مسموح به، والذي يزداد كلما زاد عمق المياه فوق طبقة الترشيح. بالنسبة للترشيح الرملي البطيء بالتمرير، الضغط السلبي (ضغط الماء أقل من الضغط الجوي) يجب تجنبه في كل الظروف حيث أن ذلك قد يسبب تحرر الغازات المذابة.

عندئذ ستتراكم فقاعات الهواء في طبقة رمل المرشح ، وهذا يزيد المقاومة ضد الحركة السفلية للمياه، بينما فقاعات الهواء المرتفعة ذات الحجم الأكبر تعمل على وجود أخرام في الوسط الترشيحي والذي يمكن أن تمر المياه منه بدون المعالجة الكافية.

الترشيح السريع :

لتصميم محطة الترشيح السريع، يجب أن يؤخذ في الأعتبار أربعة عوامل لتصميم سمك طبقة الوسط الترشيحي، توزيع حجم الحبيبات للوسط الترشيحي، عمق طبقة المياه فوق طبقة الوسط الترشيحي، معدل الترشيح. هذه العوامل متداخلة بما يجعل أن كلا من نوعية المياه ودورة المرشح تتأثر.

ولكن التأثير على تكاليف الإنشاء يختلف. توزيع حجم الحبيبات ليس له تأثير على تكاليف الإنشاء. صغر حجم الحبيبات يحسن من نوعية المياه المرشحة ولكنه كذلك يسبب سرعة الإنسداد لطبقة رمل المرشح ، مع قصر دورة الترشيح.

في حالة حجم الحبيبات أصغر من 0.8 مم يمكن أن يتطلب الأمر وجود هواء إضافي للغسيل للمحافظة على نظافة الوسط الترشيحي. زيادة سمكك طبقة رمل الوسط الترشيحي يحسن من نوعية المياه المرشحة ولكن التأثير على مقاومة المرشح وتكاليف الإنشاء يكون صغير. عمق طبقة المياه فوق الوسط الترشيحي يجب أن يكون كبيراً إلى الدرجة التي تمكن من عدم حدوث الضغط السلبي (التفريغ).

زيادة عمق طبقة المرشح تزيد من الفقد في الضغط وتزيد من دورة المرشح. تأثير تكاليف الإنشاء محدودة. زيادة معدل الترشيح قد يسبب نوعية مياه مرشحة أقل من المطلوب وخفض طول دورة المرشح. كذلك تنخفض تكاليف الإنشاء نظراً لأن عمق الوسط الترشيحي يكون أقل بالنسبة لمعدل الترشيح العالي.

ملحق د/ الباب الأول

اختبار نوعية المياه

تم حديثاً إنتاج شرائط اختبار والتي يمكن استخدامها لتعيين شبه كمي لنوعية المياه أي للمواد الصلبة المذابة. يجري الاختبار بغمر منطقة الاختبار للشريط في عينة الماء ومقارنة النتائج بتدريج ألوان. الألوان المفضلة على التدريج موضحة التدريج لإمكان بيان جيد عن التركيز. بخبرة قليلة يمكن كذلك الكشف وتقييم تركيزات أخرى غير تلك الموجودة على تدريج الألوان.

التعليمات التفصيلية لكيفية استخدام الشريط يوفرها المنتج. في كل مجموعة عند التخزين في مكان جاف ورطب يمكن أن تستمر صلاحية شرائط الاختبار لمدة لا تقل عن سنتين. تفيد الشرائط في الكشف عن النترات، النيتريت، الحديد، الأمونيا، النحاس، الهيدروجين.

كذلك يوجد أقراص الاختبار في حقيبة الاختبار التي تحتوي على أقراص سبق معايرتها في وحدات تركيز، لمقارنتها مع عينات معالجة بكمية معينة من الكيماويات.

أهم استخدام لحقيبة مقارنة الألوان هو لاختبار الكلور، نترات، الأمونيا، الرقم الهيدروجيني، الحديد، الكروم، سيانيد، الفوسفات. يمكن استخدام حقيبة أقراص الالوان في الموقع وتعطي نتائج أكثر دقة عن مقارنة بشرائط الاختبار، ولكن أكثر تكلفة في الشراء وفي التشغيل.

ملحق هـ/ الباب الأول

استكشاف المياه الجوفية :

عملية استكشاف للمياه الجوفية قد تشمل كل أو أي من الخطوات الأتية:

* دراسة الخرائط والتقارير الجيولوجية المتاحة .
* دراسة الخرائط الطبوغرافية (مقياس 1: 25000) .
* فحص أي أبار موجودة .
* المساحة والتقييم الهيدرولوجي .
* المباحث الجيوفيزيقية .
* حفر آبار الاختبار .

العملية الاستكشافية الناجحة للمياه الجوفية تتطلب معلومات أساسية عن كيفية وجود المياه في الخزان الجوفي (التربة الحاملة للمياه). بدون هذه المعلومات يستحيل عمل استكشاف جيد ومفيد ، وتصبح عملية حفر الأبار لا قيمة لها.

أولاً: من الضروري تعريف منطقة الدراسة وجمع المعلومات عنها.من أسباب فشل عمليات الاستكشاف للمياه الجوفية هو اختيار مساحة صغيرة من الأرض والتي قد تعتقد أفضل أو ربما المصدر المناسب الوحيد للمياه الجوفية .إذا ثبت بعد عملية الاستكشاف الأولية أن مساحة منطقة الدراسة كبيرة جداً فإنه يمكن حصر الدراسة في قطاع أصغر.

أحياناً البحث الجيد عن المعلومات يوفر دراسة سابقة، التي تشكل أساس مناسب للمباحث الحقلية القائمة. بفرض عدم وجود دراسات سابقة، فإن أسهل الطرق لتحديد الخزانات الجوفية المناسبة هي بعمل مقطع جيولوجي في المنطقة.

عندئذٍ يمكن توقيع كل المتاح من البيانات الجولوجية وكل سجلات آبار الحفر على خريطة. على هذا الأساس، يمكن رسم مقطع جيولوجي. لكل خط مقطع، يقرأ كنتور الأرض من خريطة طبوغرافية.

يمكن كذلك عمل الدراسات الهيدرولوجية لمنطقة البحث في نهاية موسم الجفاف حيث يكون منسوب المياه الجوفية عند أدناه.في بعض الحالات يكون ذلك هو كل المطلوب بالنسبة للهيدرولوجي صاحب الخبرة لتقدير مصادر المياه الجوفية، ولا يلزم عمل أي مباحث إضافية. في حالة عدم توفر بيانات أساسية فإنه يلزم عندئذٍ بعض الأعمال الميدانية للحصول عليها.

القياسات الجيوفيزيقية (مثال المقاومة الكهربية،الانعكاس السيزمي، سجل البئر هذه تعتبر أدوات هامة في استكشاف المياه الجوفية. بهذه الطرق من الممكن الحصول على معلومات جوفية عن المكان المقترح للبئر بطريقة جيدة وبتكلفة أقل عن عملية حفر بئر اختباري.

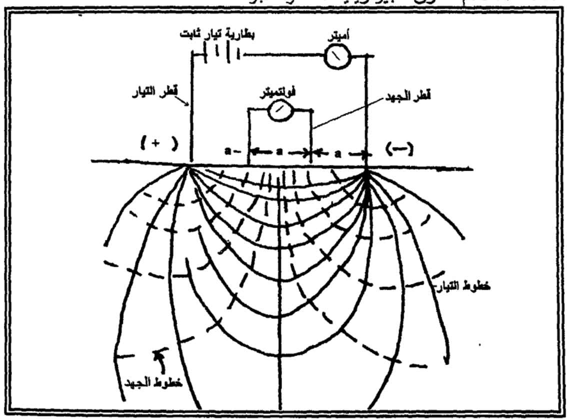
ولكن المباحث الهيدرولوجية التقليدية تظل الأكثر أهمية بالنسبة لأثر التكلفة على سحب المياه الجوفية حيث يتم تدعيمها وليس استبدالها بالتقنيات الجيوفيزيقية للاستكشاف. طرق الاستكشاف الحديثة يمكن أن توفر بيانات عن المياه الجوفية نتيجة المباحث التقليدية فمثلاً، بمراقبة تصرف المجري يمكن من معرفة الأماكن حيث دخول المياه إلى المجري أو الأماكن حيث يفقد المجري الماء إلى التربة الحاملة حيث يمكن سحب المياه منها.

تقنيات الاستكشاف السطحي الجيوفيزيقي

يشمل الاستكشاف السطحي قياس الخواص الطبيعية للقشرة الأرضية، من الخبرة والأبحاث أنه أمكن معرفة البيانات الجيوفيزيقية بالنسبة للتركيب الجيولوجي، نوع التربة، المسامية، المحتوي من المياه والتوصيل الكهربي للماء.

القياسات الجيوفيزيقية نادراً ما تؤكد وجود مياه عزبة بكميات مناسبة لاستخدامها في الشرب كل ما تستطيع الحصول عليه هو فقط قطع والتي عند دراستها جيداً مع المعلومات الجيولوجية قد تؤدي إلى أماكن مناسبة لحفر الآبار.

من بين كل الموجود من التقنيات الجيوفيزيقية، قليل الذي له تطبيقات في استكشاف المياه الجوفية وهذه هي: طريقة المقاومة الكهربية، الانعكاس الزلازلى (seismic Refraction) التصوير الجوي، صور الأقمار الصناعية وفي مناطق خاصة تستخدم الطرق الجيوفزيقية المحمولة جواً.



شكل (1-هـ) الموجات الكهربية السطحية المنعكسة والمنكسرة

طريقة المقاومة الكهربية (شكل 1-هـ) :

قياسات المقاومة تتم بتمرير تيار كهربي خلال التربة بين قطبين وقياس الفرق في الجهد بين قطبين آخرين. توضع الأقطاب في خط مستقيم عند نقطة مشابهة للنقطة الوسطي. عمق الاختراق للتيار يتحدد بالفاصل بين القطبين. بزيادة الفاصل بين القطبين يمكن للتيار أن يخترق إلى عمق أكبر، وبذلك يعطى بيان كامل للمقاومة حسب العمق.

توجد تجهيزات مختلفة للأقطاب في الاستخدام وذلك حسب الغرض المحدد من استكشاف المقاومة. وفي جميع التجهيزات توضع الأقطاب في خط مستقيم عملياً فإن نظام فواصل أقطاب شلمبيرجر (schlumberger) هي الأكثر استخداماً.

المقاومة الكهربية للمكونات الجيولوجية تختلف بدرجة كبيرة طبقاً لنوع المادة، كثافتها، وكمياتها، توزيع والتوصيل الكهربي للماء الذي تحتويه التربة. وحدة القياس هي أوم ـــ متر (ohm – meter).

التفسير والتقييم الدقيق لنتائج الاستكشاف بالمقاومة الكهربية تتطلب خبرة كبيرة وهي عمل تخصصي، ولكن ليس من الصعب تعلم كيفية عمل القياسات في الموقع. الاختلافات في المقاومة يمكن أن تبين مكان التربة المسامية ذلك لأن المواد ذات النفاذية (المسامية) المنخفضة مثل الطفلة لها مقاومة منخفضة. ولكن التربة ذات المسامية العالية مثل الرمال والزلط لها مقاومة مرتفعة. القياسات السطحية للمقاومة لا تستبعد دائماً الحاجة إلى الاختبار بآبار الحفر تماما ولكن يمكن أن تساعد في خفض العدد المطلوب. طريقة المقاومة الكهربية مفيدة بالتحديد في حالات حيث يوجد اختلاف واضح في مقاومة مكونا التربة مثال/التربة الطفلية الرملية(ALLUVIAL) التي تتغير ما بين طبقات الطفلة والرمل.

مجسات المقاومة يمكن في الظروف المناسبة أن تصل إلى عمق 300 متر أو أكثر ولكن لاستكشاف التكوينات العميقة فإن ذلك يتطلب مصدر طاقة ضخم لتوفير الجهد الكافي الذي يمكن قياسه بدقة.

معظم الآبار التي يتم حفرها أو آبار المواسير للإمدادات بالمياه ليست عميقة أي في حدود 50 –70 متر. الاستكشاف بالمقاومة لهذا النوع من الآبار يمكن تنفيذه بسهولة باستخدام كمية صغيرة من الطاقة حيث الفرق في الفولت سيكون في حدود المليفولتات. لهذا فإن معدات المقاومة المستخدمة لاستكشاف هذه الأنواع من المياه الجوفية تكون عادة بسيطة، ومدمجة ويمكن حملها.

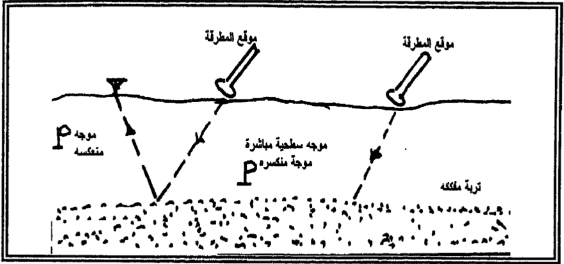
المقاومة المنخفضة جدا (أقل من 10 أوم ـــ متر) نادراً ما تكشف عن خزان جوفي جيد، فالمياه يمكن أن تكون مالحة أو أن التربة يمكن أن تكون غير مسامية

يسبب المحتوي العالي من الطفلة. المقاومة المرتفعة جداً (أكثر من 500 أوم ــ متر) توضح التربة الجافة أو التربة ذات النفاذية المنخفضة.

الخزان الجوفي الجيد عادة له قيمة مقاومة أكبر من 150–200 أوم /المتر). التربة الطفلية المحتوية على الرمال (ALLUVIAL) التي تكون خزان جوفي جيد لها مقاومة ما بين 30–100 أوم – سم.

باستخدام المقاومة الكهربية فقط لا يمكن التمييز بين طبقات الزلط والرمل المحتوية على مياه مالحة وبين التربة الطفلية أو الطفلة الغنية بكربونات الكالسيوم (marl) المحتوية على مياه عذبة.

عمل قياسات المقاومة في منطقة في مخطط تسامتي يمكن من توقيع القراءات على خريطة تسامتية . بهذه الطريقة فإن المخططات ذات المقاومة المنخفضة والمرتفعة يمكن التعرف عليها.



شكل (2/هـ) الموجات السيزمية السطحية المنعكسة والمنكسرة

طريقة الانكسار الزلزالي Seismic Refraction Method :

بهذه الطريقة ترسل موجات صوتية (زلزال) أما بطرق سطح الأرض بمطرقة ثقيلة أو بإشعال عبوة مفرقعات (الديناميت). الوقت اللازم لرحلة موجة الصدمة الناتجة لمسافة معينة يتم قياسه. تسجل الفترة الزمنية بين إطلاق الصدمة (إشعال العبوة) ووصول الموجة الناتجة عن كل جهاز تسجيل للصوت الأرضي (gophone) هذه الموجات يمكن أن تسير مباشرة من نقطة إصدار الصدمة أو أن تسير عبر ممر انكسار إلى مسجل الصوت الأرضى (الجيوفون). كلما زاد الفرق لزمن الرحلة لمختلف الموجات الصدمية، كلما أمكن التعرف بوضوح على طبيعة التربة وحدودها.

عند الاستكشاف الصوتي أو السيزمي لأغراض الإمداد بالمياه، حيث تكون عادة الأعماق متوسطة، فإن تقنيات الانكسار هي الأكثر استخداماً للزمن اللازم لرحلة الموجات إلى أسفل حيث السطح البيني الذي يحدث الأنكسار ثم على طول السطح البيني ثم العودة ثانياً إلى الجيوفون، يعطي أساساً لحساب عمق السطح البيني (Interface) ومكونات التركيبات الجيولوجية التي مر بها. عمق موجة الانكسار الصدمية للاستكشاف عادة حوالي 100 متر.

زمن الرحلة للموجة السيزمية يتوقف على التكوينات الجيولوجية التي تمر بها، حيث تكون سرعة الموجة منخفضة جداً في الترسيبات الغير مشبعة والغير متماسكة. في المناطق المشبعه تزداد السرعة إلى حدٍ كبير. أما أعلى القيم فقد سجلت في الصخور النارية الصلبة.

استخدام المفرقات يتم ضبطها لقواعد واشتراطات أمنية، لذلك بالنسبة لاستكشاف الأعماق المتوسطة فإنه يكفي استخدام المطرقة المحدثة للصوت.

التكوينات المتجاورة يمكن أن يكون لها نفس المقاومة الكهربية، ولكن يمكن تمييزها باستخدام الانكسار الصوتي في حالة وجود اختلاف في سرعة الانكسار الصوتي (السيزمي). وعلي الجانب الأخر فإن السيزموجراف لا يمكنه كشف طبقة ذات سرعة انكسار بطيئة أسفل طبقة ذات سرعة انكسار عالية ولكن في هذه الحالة فإنه يوجد اختلاف في المقاومة الكهربية.

معظم معدات الاستكشاف السيزمي مكلفة نسبياً ذات القنوات المتعددة. أخيراً حالياً متاح معدات وحيدة القناة أقل في التكلفة للاستخدام في استكشاف المياه الجوفية عند أعماق متوسطة.

الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية :

الصور التي تؤخذ من الطائرات أو من الأقمار الصناعية يمكن أن توفر معلومات مفيدة عن مصادر المياه الجوفية وحالتها. فبالإضافة إلى الصور أبيض وأسود والصور الملونة فإن تقنيات وتطبيقات الاستشعار عن بعد مثل التصوير بالأشعة تحت الحمراء، حيث زاد استخدام التصوير باستخدام خصائص الأشعة تحت الحمراء الحرارية ومتعددة الأطياف.

المتخصصون في علم المياه الجوفية (الهيدرولوجيست) يمكنهم تحليل صورة الأقمار الصناعية ومعرفة حالة المياه الجوفية من الظواهر والتركيبات الجيولوجية وأنواع الخضروات خصائص تدفق المجاري المائية والعيون.

صور الأقمار الصناعية لها ميزات كثيرة تفوق الصور الجوية كمصدر عن البيانات الهيدرولوجية.

* الإسقاط المتعامد بسبب ارتفاع القمر الصناعي يجعل من السهل تحويل الصورة إلى خريطة.

* المنظر الشامل للصور بالأقمار الصناعية يمكن من الدراسة لكل الخزانات الجوفية.

* صور الأقمار الصناعية أكثر تجانساً عن الصور الجوية بالنسبة لمظهر خصائص الغرض، في أجزاء مختلفة من موقع التصوير، يمكن ذلك من سهولة تفسير هذه الصور .

* مقياس رسم الخرائط التي أعدت من بيانات الأقمار الصناعية (مثال 1=250.000 أو أصغر) أثبتت مناسبتها لتخطيط مصادر المياه على أسس إقليمية.

* الصور بالأقمار الصناعيئة مفيدة تحديداً في دراسة تصرفات العيون والتسربات في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث الظهور النادر لنباتات الخضراء يبين وجود مياه جوفية.

طرق القياس الجيوفيزيقية ا مولة جواً :

وهذه تشمل الطرق المغناطيسية، طرق القياسات الإشعاعية، وطرق القياسات الكهرومغناطيسية المحمولة جواً. تستخدم هذه الطرق في عمل الخرائط والتفاصيل للمساحات الكبيرة نسبياً. هذه الطرق سريعة وغير مكلفة نسبياً ومفيدة خاصة في تعيين الخامات والترسيبات في التربة. ولكن تطبيقاتها في استكشاف المياه الجوفية محدود.

الاستكشاف تحت سطح الأرض :

حفر البئر الاختباري يوفر معلومات عن سمك وتكوين طبقات التربة وكذلك توفير البيانات الغزيره عن وجود المياه الجوفية وحالتها. في استكشاف المياه الجوفية يستخدم بيانات الآبار، البيانات الإشعاعية، كما تستخدم النظائر المشعه التي تعمل كعنصر استكشافي (Tracers) .

حقل البئر الاختباري :

لا يمكن لمتخصص في علم الهيدرولوجيا بتأكيد وجود المياه بكمية معينة ونوعية معينة تحت سطح الأرض باستخدام المعلومات الجيولوجية والقياسات السطحية الجيوفيزيقية فقط. التأكيد النهائي لكل القياسات والتفسيرات يمكن فقط الحصول عليها خلال المباحث والاستكشاف للتربة تحت سطح الأرض. آبار الاختبار عادة عبارة عن بئر بقطر صغير وقد تستخدم هذه الآبار أحياناً لاختبارات الضخ للخزانات الجوفية التي تم تحديدها طبقاً لاستكشافات سطحية مسبقة.

آبار الاختبار تعتبر أبار غير إنتاجية ولذلك فإنه يصعب توفير اعتمادات حكومية لحفرها. لذلك فإنه من الضروري أن تكون تجهيزات الحفر لبئر الاختبار وقطع الغيار

غير مكلفة ما أمكن ذلك سواء بالنسبة للتكاليف الرأسمالية أو بالنسبة لتكاليف التشغيل. في نفس الوقت يلزم أن توفر تجهيزات الحفر السرعة العالية في الحفر، القدرة على حفر آبار بمختلف الأقطار فى جميع أنواع التربة وتكون معدة بالتجهيزات اللازمة للإستكشاف تحت سطح الأرض مثل القياسات الجيوفيزيقية وتقنيات أخرى.

اختبار الضخ :

اختبار الضخ هو الأكثر أهمية وفي نفس الوقت الأقل فى التعقيدات من بين طرق الاستكشاف السطحي. يجري اختبار الضخ خلال فترة زمنية طويلة وكذلك باستخدام طلمبة قوية إلى حد ما.

في حالة الطلمبة ذات طاقة الضخ الصغيرة، والخزان الجوفي كبير، فإنه يمكن أن يستغرق الضخ وقت كبير جداً حتى حدوث الانخفاض لخط المياه الاستاتيكي بما يكفي لتوفير البيانات الخاصة بطاقة الخزان الجوفي.

تكون عملية الضخ صعبة في حالة كون الخزان الجوفي الجاري اختياره له نفاذية عالية أو له مصدر تغذية قريب حتى في حالة الضخ بمعدل 4000-7500 متر مكعب في اليوم من بئر بقطر 6 بوصة، فإن الانخفاض قد لا يكون مناسب لتعيين طاقة الخزان الجوفي بالدقة الكافية.

ولتوفير تكاليف إنشاء بئر إختبارى فإنه يمكن استخدام بئر انتاجى لاختبار طاقة الخزان الجوفي ولكن ذلك يتطلب رفع طلمبة البئر وتركيب طلمبة ذات طاقة أكبر وأن كانت سلبيات ذلك هو احتمال حدوث انهيار لقيسون البئر وتلفيات أخرى.

التسجيل الجيوفيزيقي :

التسجيل الجيوفيزيقي يوفر بيانات عن الخواص الطبيعية وخصائص التربة، وكذلك نوعية المياه فيها. عند عمل القياسات الجيوفيزيقية داخل فتحة البئر فإن هذا يسمي سجل البئر (Well logging) سجل البئر عادة يتم مع الحفر السريع حيث يصعب أخذ العينات.

مثال في حالة الحفر الدوار (Rotary drilling) المستخدم في مباحث المياه الجوفية وسجل البئر يمكن أن يوفر معلومات عن تكوينات وطبقات التربة ونفاذيتها وكذلك مقاومة وملوحة المياه فيها .

وهذه المعلومات تستخدم لتعيين الخزانات الجوفية وكذلك لوضع مصفاه البئر وكذلك في تعيين الطبقات الغير مسامية من التربة حيث توضع المواسير الغير مثقبة (ضمن طول ماسورة المصفاه). توجد أنواع كثيرة من تقنيات سجلات الآبار ولكن الأكثر أهمية في استكشاف المياه الجوفية هو المقاومة الكهربية والجهد التلقائي وإشعاعات (جاما) الطبيعية.

في قياسات المقاومة الكهربية فإن المقاومة الظاهرية للتكوينات أسفل سطح الأرض يتم توقيعها حسب العمق أسفل منسوب سطح الارض، وبالمثل قياسات الجهد التلقائي (spontaneous potential) توقع حسب العمق أسفل منسوب سطح الأرض.

كلا من المقاومة والجهد التلقائي يتم قياسهم بجهاز واحد والذي يسمي عادة القياسات الكهربية. جهاز قياس المقاومة داخل البئر هو نفسه مثل المستخدم في قياسات المقاومة السطحية عدا أن المجسات معلقة داخل البئر.

تؤخذ القراءات بين المجسات (probes) الموضوعة على فواصل ما بينها. الزيادة في المسافة بين المجسات يزيد من إجمالي المسافة الراسية التي يقيسها جهاز المقاومة (متوسط المقاومة). قيم المقاومة داخل فتحة البئر تكون أكثر دقة عن قياسات المقاومة السطحية.

قاعدة التربة المحتويه على مواد لها نشاط كهربي مثل الطفلة والمحار سيكون لها مقاومة منخفضة. الرمال والزلط سيكون لها مقاومة متوسطة. المقاومة تكون مرتفعة في المياه العذبة وفي الصخور الصلبة.

الاختلافات في التوصيل الكهربي للماء في بئر تمكن من تحديد الفاصل بين المياه الراكدة (القديمة) والمياه المتدفقة (الجديدة). في حالة اختلاف المحتوي من الأملاح للماء في البئر عن تلك للمياه الجوفية المحيطة ، فإنه سوف يُحدث جهد كهربي . هذا الجهد والذي يسمي الجهد الذاتي سيتغير على طول حوائط فتحة البئر حيث يكون أقصاه في الأماكن حيث تتدفق المياه إلى البئر من خلال التشققات.

النظائر المشعة في التتبع :

استخدام النظائر المشعة في تتبع المياه الجوفية يوفر تبصره مباشرة نحو حركة وتوزيع المياه الجوفية داخل الخزان الجوفي. المياه الجوفية في الظروف الطبيعية تحتوي على نظائر متعددة، حيث يمكن الحصول على نتائج حسب اختلاف مستوى وجودها .

النظائر المشعة المستخدمة عادة في استكشاف المياه الجوفية هي النظائر الثقيلة المستقرة من جزيء الماء، ديتروريوم وأكسجين 18، النظائر المشعة ــ تريتيوم ــ كربون 14 .

النظائر المستقرة هي مؤشرات ممتازة لحركة المياه الجوفية بينما النظائر المشعة ذات قيمة خاصة في معرفة زمن المكث (Residence time). في الطبيعية معظم المياه الجوفية يعاد شحنها بالتسرب المباشر من الترسيبات أو بالتسرب من المياه السطحية. بسبب البخر وعمليات التبادل، فإن المحتوي من النظائر وتوزيعها

في الوقت والمكان يمكن أن يتغير أثناء التحول من الترسيبات إلى مياه جوفية، وأحياناً في المياه الجوفية نفسها.

بيانات متوسطة الترسيبات التي توضح توزيع النظائر الثابتة التي تقابل مكونات نظائر المياه الجوفية، يمكن منها التعرف على أصل وحركة المياه فوق السطحية. نصف العمر القصير لمادة التراتيم (Tritium) يوفر معلومات قيمة على الشحن القريب بينما نصف العمر الطويل لمادة الكربون 14 (Carbon-14) تبين تاريخ الحركة البطيئة للمياه الجوفية .

توجد شبكة دولية مؤسسة ما بين منظمة الصحة العالمية والوكالة الدولية للطاقة الذرية ، بالنسبة لعينات الترسيبات على أساس شهري حيث يتم تحليل العينات بالنسبة لـــTritium (deuterium , oxygen – 18).

ملحق و / الباب الأول

سحب المياه الجوفية Ground water wihdrawel :

إختيار طريقة حفر وإنشاء البئر الجوفي :

توجد عدة تقنيات مختلفة لانشاء البئر ولذلك فإنه يجب اختيار أنسب طرق حفر وإنشاء البئر التي تناسب منطقة معينة. أحد العوامل الهامة هي نوع التكوينات الجيولوجية التي يتم اختراقها الحفر البئر الجدول (و-1) يوضح الخطوط الإرشادية العامة.

المستخدم لحفر آبار الاختبار طريقة النقر (percussion drilling) وطريقة التدفق بالبثق (jetting). دفع قيسون البئر إلى أسفل مع تقدم عملية الحفر يسمح بأخذ العينة من كل نوع تربة يتم اختراقه.

مقارنة ما بين طريقتي الحفر بالنقر والحفر الدوار (Rotary) (أشكال 55، 56، 1/57)

التكاليف الرأسمالية لتجهيزات الحفر بالنقر(طريقة الكابل) أقل بكثير على تجهيزات حفر الآبار بالتجهيزات الدوارة وذلك لنفس العمق والقطر. الأدوات الميكانيكية لتجهيزات النقر قوية ومستقيمة ومقاومة للتآكل والأتربة والتلف. عند الحاجة إلى الإصلاح فإن عماله مدربة بعض التدريب يمكنها القيام بعملية الإصلاح وعند الضرورة في الموقع.

بالمقارنة فإن طاقة وهندسة النقل للتجهيزات الدوارة أكثر تعقيداً فعند الحاجة إلى الإصلاح حتى في حالة الحاجة إلى تغير جزء بسيط مثل الجوان فإن ذلك سيتطلب توفير تجهيزات في الورشة بالإضافة إلى الحاجة إلى قطع الغيار. السلبية الرئيسية للحفر بالنقر أنه في حالة الصخور الصلبة بالتحديد يكون معدل الحفر بطيء جداً مقارنة بالحفر الدوار.

على الجانب الآخر توجد أنواع من التربة مثل التربة من الرمل الخشن والزلط أو الصخور المفتتة حيث تواجه الحفر الدوار. مشكلة كبيرة وهي لفقد التدوير لسائل الحفر. مشكلة أخرى بالنسبة للحفر الدوار وهي أن الخزان الجوفي قد يتم انسداده تماماً بواسطة سائل الحفر.

كذلك فإن ثقب الحفر العمودي حقيقة يمكن الحصول عليه بسرعة عند استخدام الحفر بالنقر عنه عند استخدام الحفر الدوار في حالة عدم استخدام تقنيات خاصة عند الحفر الدوار. فإن ثقب الحفر قد يحيد عن الرأسي أو يترنح بعيداً في اتجاهات مختلفة. تعتبر استقامة ثقب الحفر أساسية كما يجب كذلك أن تكون عمودية وذلك لإمكان تركيب معدات الضخ والسحب في ثقب البئر.

مع تقدم الحفر يجب مراجعة مدي كفاية اختراق الخزان الجوفي وذلك على مراحل أثناء الحفر وذلك لتعيين استمرار الحفر أو توقفه. باستخدام تجهيزات النقر فإن اختبار رفع بالنزح البسيط يمكن أن يوفر هذه المعلومة، أما طريقة تجهيزات الحفر الدوار فإن هذه التجهيزة غير متاحة:

في حالة استخدام تجهيزات الحفر بالنقر يكون من السهل تفهم عملية التحكم كما أن تدريب العمالة على التشغيل لا يحتاج إلى وقت طويل حتى بالنسبة للعمالة التي ليس لديها خبرة سابقة في حفر الآبار.

في الحفر بالنقر يلزم توفير كمية صغيرة من المياه أثناء عملية الحفر. بالمقارنة فإن الحفر الدوار يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء، الطمي، الهواء المضغوط. سائل الحفر يحتاج طلمبة ضخمة أو ضاغط هواء وما يصاحب ذلك من مشاكل الصيانة للمحافظة على استمرار التشغيل.

تجهيزه الحفر بالنقر تحتاج إلى الحجم الصحيح لقطعة الحفر وذلك لحفر بقطر حفر 60سم. بالنسبة للحفر الدوار، فإن قطر الحفر له تأثير كبير على الأحجام اللازمة من سائل الحفر والتدوير والتحميل اللازم على قطعة الحفر.

طريقة الحفر بالنقر يمكن أن توفر الضخ المضطرب(Surge pumping) لتنمية البئر والذي يمكن استخدامه بعد ذلك في نزح الروبة من البئر، وذلك لتنمية البئر قبل تركيب الطلمبة.

عند استخدام تجهزيه تجهيزه النقر يمكن وضع مكبس اضطراب هيدروليكي (Single Acting Plunger) عند العمق المطلوب، وتشغيله بآليات الحفر الترددية على تجهيزه الحفر (Spudding Beam) ولهذا ميزة كبيرة حيث ليست هناك حاجة إلى معدات خاصة كما في حالة الحفر الدوار.

الاستثمارات الرأسمالية الكبيرة وتكاليف التشغيل المرتفعة لتجهيزات الحفر الدوار تجعل من الضروري التحرك إلى موقع حفر جديد وذلك بمجرد تمام حفر البئر ولذلك فإنه لا يتوفر تسهيلات رفع في الموقع بعد انتهاء الحفر، وللتشغيل النهائي مثل تداول وتركيب الطلمبة، بما يتطلب وجود تجهيزات إضافية لذلك. في حالة الحفر بالدق فإنه عادة يمكن استمرار التجهيزات في الموقع ليمكن استخدام تجهيزات الرفع في التشغيل النهائي.

اختيار قطر البئر:

زيادة قطر البئر لا تعني الزيادة الكبيرة في إنتاجية البئر المعادلة الأساسية لإنتاجية البئر ، حيث الخزان الجوفي الغير محصور هي :

$$Q = \frac{N.P.(H^2 - h^2)}{\text{Log}R / r}$$

حيث :

Q = إنتاجية البئر

P = مسامية الخزان الجوفي

H = منسوب خط المياه الإستاتيكي في البئر

H = منسوب الضخ أو منسوب المياه الديناميكي = منسوب المياه في البئر أثناء الضخ

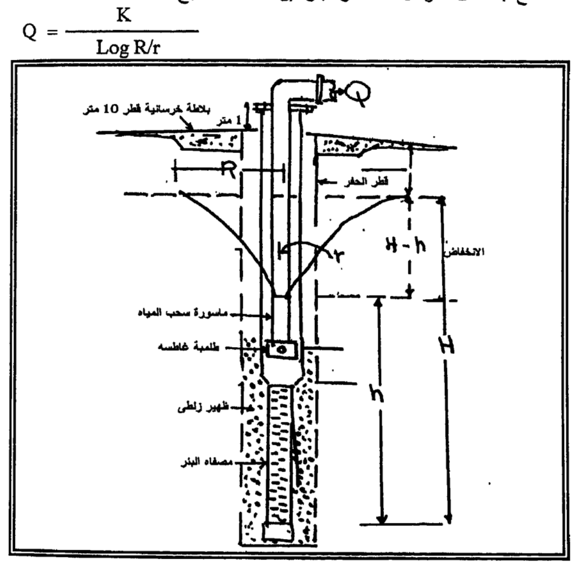
R = نصف قطر قمع الانخفاض

r = نصف قطر البئر

N = ثابت يتوقف على وحدات القياس المستخدمة

مع ثبات كل العوامل عدا قطر البئر فإن المعادلة تصبح

$$Q = \frac{K}{\text{Log } R/r}$$



شكل (1/و) مكونات البئر

بقرص قمع الانخفاض نصف قطره 100 متر (R) فإن إنتاجية بئر بقطر 20 سم (8 بوصة) عند حسابها فإنها تزيد بنسبة 10% فقط عن قطر بئر 10سم (4) . كذلك في حالة بئر بقطر 150سم (60 بوصة) حيث نصف قطر قمع الانخفاض 25 متر، فإن الانتاجية لهذا البئر ستزيد نسبة 60% فقط عن استخدام بئر بقطر 15 سم (6 بوصة) بنفس عمق الاختراق. لذالك في حالة قطر بئر 10 متر ضعف سيوفر فقط 60% زيادة في الماء ولكن سيتطلب حفر أحجام من التربة 100 ضعف القطر الصغير.

بالمقارنة عند زيادة عمق الاختراق للخزان الجوفي (h H) من 2 متر إلى 3 متر مع ثبات الانخفاض 0.5 متر سيعطي إنتاجية 2.3 ضعف الحالة عند الأختراق 2 متر فقط . هذه الأمثلة توضح أنه كلما زاد عمق البئر زادت إنتاجية البئر .

الاعتبارات والأمثلة التي تم تناولها تنطبق على الآبار في التربة الطفلية الرملية حيث الخان الجوفي غير محصور ويوجد تجانس في تدفقات المياه بما يمكن من تمثيل النفاذية للخزان الجوفي بقيمة واحدة. في الصخوز الصلبة حيث تتدفق المياه خلال الشقوق فإنه لا يتم تقدير النفاذية بقيمة وحادة. وقد أظهرت الخبرة أنه بزيادة قطر البئر لا تحقق زيادة كبيرة في الانتاجية لذالك فإنه كقاعدة عامة يجب أن يكون قطر البئر أصغر ما يمكن.

مصفاة البئر well screen :

توجد مصافي الآبار بتصميمات مختلفة ومن مواد مختلفة. يجب أن تكون فتحات المصفاه بالحجم المناسب بالنسبة لتوزيع حجم حبيبات الخزان الجوفي.

عند اختبار المصفاه فإنه يلزم مراعاة القواعد الأساسية الأتية :

* القوة الكافية لمقاومة ضغط التربة المحيطة بالمصفاه.
* مساحة الفتحات تكون كافية لمرور المياه من الخزان الجوفي إلى البئر.
* تكون التفحات بسعةلا تسمح بدخول الرمال.
* مقاومة للتآكل.
* غير مكلفة.
* معظم مصافي الآبار توضع في تربة غير متماسكة والتي تكون عادة من الزلط والرمل.

المواد المستخدمة عادة في صناعة مصفاة البئر هي الصلب المقاوم، الصلب المجلفن، النحاس الأصفر، البرونز، النحاس الأحمر، البلاستيك القوى.

التصميم الهيدروليكي :

بالنسبة للكفاءة الهيدروليكية لمصفاة البئر فإن كلاً من مساحة الفتحات أو الثقوب وشكلها وتوزيعها يعتبر من العوامل الهامة. يجب أن يحقق التصميم الهيدروليكي لمصفاة البئر أدني فقد في الضغط عبر المصفاة. بدلاً من التصميم عند

أقصى مساحة للفتحات، فإن حجم الفتحات يجب أن يتحدد بالنسبة لنفاذية التربة، وتوزيع حجم الحبيبات بها.

النفاذية الهيدروليكية لتكوينات التربة تعتمد أساسا على الفواصل بين حبيبات التربة ودرجة التصاقها مع بعضها البعض أكثر من النفاذية الكلية للتربة. وهذا واضح في تكوينات التربة من الطمي حيث لها نفاذية منخفضة رغم أن المسامية 30% أو أكثر.

في التربة حيث الحبيبات الصغيرة جدا من الرمال تكون النفاذية محدودة نظراً الالتصاق طبقة من الماء حول حبيبات الرمال بالادمصاص، وبذلك تعيق القنوات المتاحة في الفواصل للتدفق الحر للمياه الجوفية.

سرعة التدفق الزائدة في الخزان الجوفي الناتجة عن الضخ الزائد للبئر، قد تسبب انتقال الحبيبات الصغيرة إلى منطقة الترشيح ومصفاه البئر بما يسبب الانسداد التدفق المضطرب في منطقة الترشيح المحيطة بمصفاة البئر تسبب انتقال إضافي في الضغط بما يقلل من الكفاءة الهيدروليكية للبئر.

الزيادة الكبيرة في فقد الضغط في منطقة الترشيح ومصفاة البئر يسبب عدم إتزان كيماوي للمياه والذي يسبب زيادة في تكوين الترسيبات والتآكل.

أنواع المصافي :

* مواسير المصافي المثقبة.
* مواسير المصافي الملفوفة بشبكة من السلك.
* مواسير المصافي المحاطة بأسلاك طولية.
* المصافي ذات الفتحات بين القضبان.
* المصافي ذات الفتحات المقنطرة.
* مصافي ذات الفتحات حرف V.
* مصافي المغطاه بطبة زلطية.

تختلف نسبة فتحات المصافي كالأتي :

Slottedoipe Type المواسير المثبتة 1- 5% .

Louver and punched179 المواسير ذات الفتحات المقنطرة 3 – 15% .

Roddedwire wrapped Type المواسير ذات الفتحات المغطاة بشباك سلك 12- 30% المصافى ذات الفتحات الصغيرة جداً (0.2 مم) تكون نسب الفتحات أقل ما يمكن، أما المصافى ذات الثقوب الكبيرة (3مم) لها نسبة مساحة الفتحات كبيرة.

الجدول (1/و) يوضح الفتحات في مصفاة بي في سي ونسبة الفتحات

قطر الفتحة بالمليمتر	نسبة المساحة المفتوحة
0.2	%0.3
0.3	%4.3
0.5	%5.3
0.75	%7.7
1.0	%12.0
1.5	%11.2
2.0	%12.0
3.0	%13.1

عموماً في حالة الخزانات الجوفية ذات النفاذية العالية مثل التربة من الزلط الكبيرة تستخدم المصافي ذات الفتحات الكبيرة. ولكن في حالة التربة من الرمال الدقيقة تستخدم المصافي ذات الفتحات الصغيرة . كقاعدة عامة تكون فتات المصفاة التي تسمح بمرور 60-80% من حبيبات تربة الخزان الجوفي. الحبيبات المتبقية كبيرة الحجم تعمل تظهير زلطي وذلك عند إزالة الحبيبات الصغيرة أثناء عملية التنمية للبئر.

الحماية من التآكل

يجب أن تكون مادة المصفاة مقاومة للتآكل وللتحلل وأنواع التآكل البكتربولوجي والكيماوي الأخري. أنواع التآكل ،التي تحدث لمصفاة البئر هي إما تآكل موضعي أو تآكل نتيجة الإلتصاق للمعادن الغير متماثلة في الجهد. يمكن حماية مصافي الصلب بالتغطية بطبقة حماية من الأسبستوس أو المطاط أو المطاط المكلور أو البلاستيك.

الظهير الزلطي GRAVEL PACK

عندما تكون حبيبات التربة من الرمال القيقية فإنه يكون من الصعب فنياً واقتصادياً توفير مصفاه ذات فتحات ضيقة جداً. في هذه الحالات فإن الظهير الزلطي الذي يحيط بالمصفاه من الخارج يكون مناسب.

الظهير الزلطي يضع حد للتربة ويمنع ويحتجز الرمال الرقيقة، بما يمكن أن يتكون فتحات المصفاه أوسع قليلاً. في الآبار ذات الطاقة الصغيرة تكون طبقة من التطهير الزلطي كافية، ذلك مع تجنب طبقتين أو ثلاث طبقات بسبب التكلفة وتعقيدات الإنشاء.

الظهير الزلطي لا يسمح فقط باستخدام مصافي ذات فتحات اكبر ولكن لأنه يوفر نفاذية لمنطقة الترشيح حول مصفاه البئر. كقاعدة عادة فإنه يلزم في التربة ذات قطر حبيبات مؤثر 0.3 مليمتر ومعامل تجانس أقل من 3 . يمكن كذلك توفير

التطهير الزلطي في التربة ذات الحبيبات كبيرة إذا كانت فائدة الكفاءة الهيدروليكية للبئر وخفض الإنسداد توفق التكاليف الإضافية لحفر بئر بقطب أكبر. في التربة ذات معامل تجانس أكبر من 5 فإن الظهير الزلطي يكون الغرض منه محدود ونادرا ما يستخدم.

الزلط المستخدم في الظهير الزلطي يجب أن يكون نظيفاً ومستديراً، ومدرجاً. أثناء التنمية للبئر فإن حبيبات التربة الصغيرة والمتوسطة تزال من الخزان الجوفي من خلال الظهير الزلطي والمصفاه إلى البئر. عندئذٍ يكون تدرج الظهير الزلطي بالحجم الذي لا يمنع مرور الحبيبات الصغيرة والمتوسطة.

الطريقة الشائعة لوضع الظهير الزلطي هي بإنزال قيسون مؤقت إلى قاع البئر ثم إنزال مصفاه البئر بحرص، بعد ذلك يتم إنزال الظهير الزلطي في الفاصل ما بين القيسون ومصفاه البئر بعد إتمام وضع الزلط يتم رفع القيسون من فتحة البئر للسماح للظهير الزلطي للتعرض للتربة.

يجب أن يمتد الظهير الزلطي قليلاً فوق قمة المصفاه. في حالة التربة المتماسكة للخزان الجوفي ليست هناك حاجة لإنزال القيسون بل يكتفي بوضع الظهير الزلطي ما بين المصفاه والتربة.

يمكن كذلك وضع الظهير الزلطي حول مصفاة البئر من خلال عدد من الأخرام الصغيرة يتم حفرها خصيصا لهاذ الغرض في دائرة ملاصقة للبئر. أحدث نظام لتطوير مصفاه البئر هي بتوفير دعامات خاصة والتي تسمي الدعامات الزلطية على السطح الخارجي للمصفاه. هذه الدعامات تبعد الظهير الزلطي عن فتحات المصفاه ويذا يوفر أفضل نفاذية وتدفق مقارنة بسطح المصفاه الناعم.

تنمية البئر Well Development :

يعني بتنمية البئر بعملية تثبت التربة حول مصفاه البئر والظهير الزلطي، ذلك بإزالة الحبيبات الصغيرة جداً والمتوسطة حول البئر ذلك لزيادة نفاذية التربة القريبة من البئر. لذلك فإن تنمية البئر تشمل الخطوات اللازمة لتوفير ممر سهل للمياه من الخزان الجوفي إلى البئر مع تجنب وصول الرمال إلى البئر في ظروف الاستخدام الحقيقي.

في التربة المتماسكة تتم تنمية البئر لتأكيد التدفق الحر من الشقوق وفي التربة الغير متماسكة يعني توفير منطقة طبيعية من الحبيبات الخشنة حول المصفاه أو حول الظهير الزلطي. توجد عد طرق مختلفة لتنمية البئر.

* الضخ الزائد OVERPUMPING
* الاضطراب بالمكبس أو بالهواء SURGING
* الغسيل العكسي بأحد عدة طرق

* البثق JETTING
* استخدام الكيماويات والمفرقعات.

الضخ الزائد ORERPU MPING :

في طريقة الضخ الزائد يتم ضخ البئر باستخدام طلمبة خاصة ذات طاقة عالية . الطلمبة المستخدمة (وليس طلمبة أخرى) بمعدل زيادة ثابت حيث يتم البدء بحوالي 20% من الطاقة التصميمية للطلمبة المستخدمة أو التي ستستخدم فيما بعد. يستمر الضخ حتى تصبح المياه رائقة وخالية من الرمال عندئذ يتم رفع معدل الضخ إلى 40% مع الاستمرار كما سبق.

في النهاية يتم عمل الضخ الزائد للبئر بمعدل ضخ 150% من الطاقة التصميمية. بعد اكتمال عملية الضخ الزائد تستخدم تجهيزه لكسح الأجسام الصلبة الكبيرة التي قد رسبت في قاع البئر وفي داخل مصفاه البئر.

الاضطراب الهيدروليكي Surging :

في كثير من حالات الضخ الزائد في التربة الغير متماسكة فإنه لا تحدث الإزالة المطلوبة للمواد الصغيرة جداً والمتوسطة من منطقة الترشيح حول مصفاة البئر، وذلك لأن هذه الجسيمات سوف تكون كوبري يبين الحبيات الكبيرة. ولإزالة هذه الكباري فإنه يتم استبدال تدفق المياه إلى البئر وخارج البئر لأغراض التنمية.

في حال التدفق خارج البئر تتكسر هذه الكباري الثابتة وعند التدفق إلى الداخل فإن هذه الحبيبات الصغيرة تدخل إلى البئر. وهذه العملية تسمي الاضطراب الهيدروليكي.

في حالة تربة الخزانات الجوفية من الزلط والرمل يستخدم المكبس الهيدروليكي لعملية الاضطراب الهيدروليكي. ويتكون هذا المكبس من قرصين من المطاط أو من الجلد بين حلقات من الخشب على وصلة ماسورة ثقيلة. نوع أخر مجهز بمحبس والذي يوفر اضطراب أخف حدة عن المكبس الصلب.

عند المشوار السفلي للمكبس تندفع المياه من البئر إلى التربة المحيطة بمصفاة البئر وعند المشوار إلى أعلى تعود المياه إلى البئر حاملة معها الحبيبات المسببة للانسداد من الرمال ومن أي مواد أخرى صغيرة يمكنها المرور خلال مصفاة البئر.

المكبس الهيدروليكي مناسب للاستخدام في تجهيزه النقر (ذات الكابل) حيث يتحرك المكبس إلى أعلى وإلي أسفل في قيسون البئر عند مكان أسفل منسوب خط المياه الاستاتيكي بحوالي 4 متر في البئر. يبدأ الأضطراب بطيء ثم يزداد إلى أن يصل إلى الاضطراب العنيف.

أثناء عملية الاضطراب باستخدام المكبس الهيدروليكي بعد فترة من العمل يكون قاع البئر محمل بالرمال. عندئذٍ يستخدم كاسح لإزالة هذه الرمال المرسبة. كمية الرمال المجمعة من إناء الكسح سوف تقل بالتدريج وبذا تظهر علامات تقدم عملية تنمية البئر.

طريقة أخرى للاضطراب هي بضخ البئر لبعض الوقت ثم التوقف فجأة عن الضخ. عندئذ تعود المياه إلى البئر. هذه الطريقة تحقق التدفق العكسي المياه في داخل وخارج البئر. يلي ذلك إزالة المياه المحملة بالرمال بكسحها.

الغسيل العكسي بالهواء Backwashing With Air :

في طريقة الغسيل العكسي بالهواء يتم قفل فتحة القيسون العليا لمنع تسري الهواء باستخدام فلنجة ، حيث يتم توصيل داخل القيسون بماسورة ضاغط هواء، ذلك مع ماسورة ساقطة بداخلها خط الهواء معلقة في البئر إلى أسفل منسوب المياه الاستاتيكي. يتم ضخ الماء خارج البئر خلال ماسورة الصرف. عندما تكون المياه رائقة يتم توقف ضغط الهواء ثم يسمح للماء في البئر للارتفاع ثانيا إلى منسوب خط المياه الإستاتيكي عندئذ، يتم توجيه الهواء المضغوط إلى القيسون المقفل ذلك لدفع المياه منه إلى المصفاه إلى التربة المحيطة. مع نزول منسوب المياه إلى اسفل نهاية الماسورة الساقطة. فإن الهواء يبدأ في الهروب خلالها. عندئذٍ يتوقف ضخ الهواء وإعطاء الفرصة لعودة المياه إلى المنسوب الاستاتيكي. يتم تكرار هذه العملية حتى تمام تنفيذ عملية التنمية.

طريقة الاضطراب الهيدروليكي بالهواء المضغوط للبئر المفتوح، حيث الماسورة الساقطة وخط الهواء يوضعا داخل قيسون البئر. الماسورة الساقطة وخط الهواء غير متصلين ويمكن أن يكون كلا منهم مستقل عن الأخر. تبدأ بتنمية البئر حيث النهاية السفلي للماسورة الساقطة على ارتفاع 0.5 من قاع البئر، ذلك حيث خط الهواء يوضع على مستوى أعلى بما لا يقل عن 0.25 متر.

عند ضغط الهواء، يتم ضخ البئر بفعل الضخ بالرفع الهوائي. يستمر الضخ حتى تصبح المياه رائقة وخالية من الرمال. عندئذٍ يتم رفع الماسورة الساقطة إلى مستوى أعلى بحوالي 0.5 متر إي 1 متر مع تكرار العملية. بهذه الطريقة يتم تنمية البئر خلال الطول الكلي للمصفاه.

بعد استكمال تنمية البئر، فإنه ينصح بإعادة الماسورة الساقطة إلى قاع البئر ثم ضخ الماء بالهواء بهدف نظافة أي رمال متبقية .

البثق JETTING :

طريقة البثق تعتبر مؤثرة في عملية التنمية للبئر، حيث تتم بواسطة تدفق سريع من المياه التي انثبقت من فتحات بثق صغيرة عند نهاية ماسورة متصلة بطلمبة ضخ للمياه قوية.

وهذا يمكن من تركيز بثق الماء في مساحة صغيرة من مصفاه البئر، حيث في كل مرة تنفذ حتى تمام تنمية الطول الكلي للمصفاه خطوة بخطوة. خلال فتحات المصفاه تخترق المياه المنبثقة إلى التربة المحيطة بالمصفاه لإكمال تنمية التطهير الزلطي.

كل ما هو مطلوب للبثق عبارة عن تجهيزه بثق (ذات فتحات صغيرة) خرطوم يتحمل الضغط العالي، وماسورة، وطلمبة. في حالة ضخ المياه من البئر وفي نفس التوقيت مع القيام بعملية البثق ولكن بمعدل أكبر قليلاً فإن المياه ستتدفق من الخزان الجوفي إلى البئر حاملة معها الرمال الدقيقة التي تفككت بفعل تدفقات البثق.

جدول (2/و) طرق إنشاء الآبار :

نوع البئر	أقصى عمق بالمتر	القطر بالسينتيمتر	جيولوجية التربة الحاملة للمياه	
			مناسبة	غير مناسبة
بئر الحفر Dug well	60	500-90	طفلة، طمي، رمل وزلط، حجر رملي غير صلب، حجر جيري مفتت وغير صلب.	صخور نارية
بئر يثقب الحفر Bored	25	40-5	طفلة، طمي رمل،زلط حجر رملي أو جيري غير صلب	صخور نارية
بئر الدفع Driven	20-11	5-3	طفلة، طمي رمل، زلط رفيع، حجر جيري، طبقات صغيرة	وجود كتل صلبة، صخور نارية زلط ملتصق بعضه التربة من الحجر الرملي أو الحجر الجيري
بئر البثق Jetted	100-80	30-10	طفل، طفلة رملية، رمال زلط رفيع	وجود كتل صلبة ملتصقة، صخور نارية من تربة من الحجر الرملي أو الجيري
الحفر الكامل بالدق (percussion cable - tool drilling)	300	60-10	طفلة، طمي رمل زلط زلط متماسك وملتصق، كتل حجرية، تربة حجر رملي أو حجر جيري أو صخور	

نوع البئر	أقصى عمق بالمتر	القطر بالسينتيمتر	جيولوجية التربة الحاملة للمياه	
			مناسبة	غير مناسبة
			نارية	
الحفر الدوار بتدوير سائل الحفر Rotary drilling	250	60-10	طفلة، طمي رمل زلط زلط متماسك وملتصق، كتل حجرية، تربة حجر رملي أو حجر جيري أو صخور نارية	أي تربة عدا في حالة وجود كتل صخرية صلبة وكبيرة

الاختبارات والقياسات المختلفة للآبار،

1- اختبار استقامة البئر :

أثناء حفر البئر تراعي الاستقامة الرأسية التامة للمواسير ولا يستعمل العنف في إنزالها بل يعاد التنظيف عند ظهور أي صعوبات في ذلك.

ويستعان في اختبار رأسية البئر باسطوانتين يربطهما عامود بطول حوالي 3 متر يجب انزال الأسطوانتين رأسيتين تماماً داخل المواسير ورفعها بسهولة للتحقق من استقامة رأسية البئر.

2- اختبار تصرف البئر :

بتمام تطهير البئر يتم قياس منسوب المياه الإستاتيكي قبل تشغيل طلمبة التجارب ثم يقاس منسوب سطح الماء بالبئر أثناء سحب عدة تصرفات مختلفة وذلك لإمكان رسم العلاقة التي تربط تصرف البئر بمقدار الانخفاض الهبوط Q = F (S).

وقد يستعمل الهواء المضغوط في هذه التجربة، يتم ذلك بإنزال ماسورة قطرها 5-4 بوصة تكون نهايتها أعلى بحوالي قدمين من الطرف العلوى لماسورة المصفاه. في داخل هذه الماسورة يتم إنزال ماسورة ثانية بقطر حوالي بوصة ترفع نهايتها حوالي قدم واحد أعلى من نهاية الماسورة الأولى (ذات قطر 4-5 قدم)، والتي يتم من خلالها دفع الهواء المضغوط حيث يترتب على ذلك تدفق مياه البئر خارج الماسورة.

تكرر هذه العملية باستخدام ضغوط مختلفة للحصول على تصرفات مختلفة ويتم قياس مقدار الهبوط المناظر لكل تصرف. بعد رسم العلاقة بين التصرف والهبوط S (Q =F (S)) يمكن تحديد مقدار الهبوط في منسوب سطح المياه بالبئر مقابل للتصرف التصميمي.

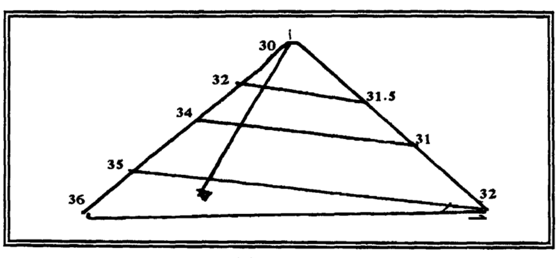
ـة مقدار الهبوط (الانخفاض) في منسوب سطح المياه في البئر
ـح بها يعاد تنظيف (تنمية) البئر.
ـناسيب وتصرفات الأبار :

ـاس عمق المياه من سطح البحر (منسوب خط المياه الإستاتيكي) أو منسوب خط المياه بعد الانخفاض، فإنه يتم الاستعانة بجهاز مبسط يتكون من بكره ملفوف عليها سلك معزول وبطول يكفي لعمق المياه في البئر وينتهي هذا السلك بطرف معدني موصل للكهرباء، وعلي امتداد السلك بعض العلامات التي توضح الطول من بداية الطرف المعدني. يتصل نهاية هذا السلك بلمبة إضاءة داخل دائرة كهربية أحد طرفيها متصل بماسورة البئر. عند لمس السن المعدني في نهاية السلك الكهربي المعزول للسطح الماء داخل البئر تقفل الدائرة وتضئ اللمبة وبذلك يمكن تحديد طول السلك أو عمق المياه من سطح البئر.

4- قياس تصرف البئر :

يتم قياس تصرف البئر بتمرير الماء المتدفق من البئر على أي نوع من الهدارات إذا كان تصرف البئر كبير، أما إذا كان التصرف صغيراً فيستعان بحوض معروف حجمه مع قياس الزمن اللازم لملىء هذا الحوض.

5- تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية :



شكل (2/و)

يستعاد في تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية الحرة برصد مناسيب سطح المياه الجوفية من داخل ثلاث أبار تشكل رءوس مثل أ، ب، ج كما هو موضح في الشكل (2/و) لنفترض أن مناسيب وسط المياه بالنسبة لسطح الأرض هي 32- 36- 30 داخل الآبار أ ــ ب ــ ج على التوالي.

من الشكل يتضح أن المياه الجوفية تتحرك من أعلا منسوب في الاتجاه (أد) العمودي على اتجاه الخطوط الكنتورية لمناسيب سطح المياه الجوفية التي يمكن رسمها.

6- تحديد قطر دائرة تأثر البئر :

يمكن تحديده قطر دائرة التأثير للبئر بشكل تقريبي وذلك بدق عدة آبار عل امتداد احد أقطارها وتسمي هذه الآبار بآبار الرصد أي لقياس مناسيب المياه فقط من داخلها أثناء سحب المياه من البئر الرئيسي. وتدفق آبار الرصد على مسافات مختلفة من البئر الرئيسي بالقدر الذي يسمح برصد هبوط (انخفاض) ملموس في مناسيب سطح المياه الجوفية عند وصولها إلى حالة الاستقرار.

ويستعان بعد ذلك في رسم منحني قمع الانخفاض الذي تشكل قاعدته دائرة تأثير البئر بمعادلة التصرف.

الجدول الذى يوضح قيم تقريبية لدائرة تأثير البئر بالنسبة للأنواع المختلفة للطبقات الحاملة والتي تحتاج عادة إلى مجهز كبير في تحديدها. وفي بعض الأحيان قد يتطلب الأمر دق أكثر من بئر في موقع واحد. يراعى في هذه الحاله عدم تداخل مناطق تأثر الآبار، ذلك بأن تكون المسافة بين كل بئرين أكبر من قطر دائرة التأثير.

ويخشى من تداخل دائريتي تأثر بئرين أو أكثر حيث يزداد الانخفاض لمنسوب المياه. نظراً لأن مقدار انخفاض المياه في أي بئر سيزداد بمقدار الانخفاض الناتج من تأثر الأبار الأخري بما يؤدي بالتالي إلى انخفاض التصرف إذا كانت حالة الطلمبة لا تسمح بهذه الزيادة .

وفي حالة صغر سمك الطبقة الحاملة للمياه فقد يكون من المناسب دق عدد من الأبار (ثلاثة أو أربعة) على محيط دائرة بحيث تتصل كل هذه الأبار بمضخة واحدة تتوسط دائرة الأبار وذلك لتقليل تكاليف الضخ وتسمي هذه الحالة بطارية الأبار.

جدول (3/و) القيم التقريبية للقطر المؤثر للبئر طبقاً لمختلف أنواع التربة الحاملة والتي تحتاج إلي مجهود كبير في تحديدها

نوع التربة الحاملة للمياه	نصف قطر دائرة التأثير بالمتر	معالم نفاذية التربة (متر / اليوم)	انحدار سطح المياه عند مدخل المصافي
رمال ناعمة	100	40-10	6-11
رمال متوسطة	300	70-40	4-6
رمال خشنة	600	200-70	2-4
رمال+ زلط	1000	400-200	1-2

طرق حفر الأبار :

الآبار السطحية :

يفضل أن يكون قطاعاً دائرياً إذا كان العمق كبير نسبيا، يبني البئر من الدبش أو الطوب بالمونة وبارتفاع حوالي مترين على خنزيرة من خشب الجمبيز تحاط بطوق مدبب من الحديد لسهولة اختراقها التربة، ويكون قطر الخنزيرة اكبر قليلا من قطر البئر وعرضها أكبر من عرض البناء أيضا.

ثم توضع أثقال من شكاير الرمال أو الأحجار تحمل على عروق أو كممرات فوق الجزء الذي تم بناؤه حتى يتم تغويصه. ولتسهيل نزول البئر يحفر بداخلة ويستخرج ناتج الحفر ثم يستكمل البناء على مراحل بنفس الطريقة حتى وصول البئر إلى العمق المطلوب. ولتسهيل نزول البئر بحفر بداخله ويستخرج ناتج الحفر ثم يستكمل يتم البناء على مراحل بنفس الطريقة حتى العمق المطلوب.

بعد إتمام نظافة البئر ترمي بداخله فرشة من الزلط الفينو لتحفظ أرضية البئر من نزحها مع المياه أثناء السحب وبالتالي تجنب تصدع مباني البئر .

آبار المواسير،

هناك طرق مختلفة لحفر آبار الموسي والشائع من هذه الطرق ما يلي:

بالطريقة اليدوية: وهذه الطريقة هي الشائعة في مصر وتستعمل في حفر الأبار التي لا يزيد قطرها عن 8 بوصة وإلي عمق حتى حوالي 80 متر من سطح الأرض. في هذه الطريقة تستعمل طريقة القيسونات المتداخلة على أن يكون قطر القيسون الأخير أكبر من قطر البئر بما لا يقل عن 6 بوصة وذلك لعمل الغلاف الزلطي قبل رفع القيسون ويتم تصغير قطر القيسون الداخلي عن الخارجي بحوالي بوصتين ويتم هذا التغيير بعد حفر كل حوالي 30-40 متر.

تستخدم البريمة القلاووظ في حفر التربة الطينية المتماسكة والبلف في حفر التربة الرملية والبلف يسمح بدخول ناتج الحفر إلى داخله دون خروجه منه.

يستخدم الكاسور في تفتيت أي طبقة صلبة قد تعوق استمرار الحفر وبعد امتلاء البريمة أو البلف بناتج الحفر ترفع إلى خارج البئر لتفريقها ثم يعاد الإنزال بعد التطويل بخط المواسير لاستمرار الحفر.

وبعد الوصول إلى العمق المطلوب يتم إنزال مواسير البئر (السحب) داخل القيسون. وتدريجياً أثناء سحب مواسير قيسون الحفر إلى أعلى يملأ الجدار الدائري بين جدار الداخلي للبئر ومواسير المصافي بالزلط القينوالمغول ــ ويغلف الجزء العلوي من البئر بالمونة الأسمنتية لمنع وصول الملوثات من السطح إلى

المياه الجوفية. عادة لا يزيد معدل الحفر اليومي بالطريقة اليدوية عن عشرة أمتار ويعتبر هذا من أهم عيوب هذه الطريقة.

طريقة الحفر بالدق :

تستعمل هذه الطريقة في حفر الآبار التي يتراوح قطرها من 8- 15 بوصة والتي يصل عمقها حتى حوالي 100 متر ويستعان فيها بآلات البكر والمقص والونش.

هذه الطريقة تشبه تماماً طريقة الحفر اليدوية من حيث القيسونات السابق ذكرها يستعمل في الحفر بلف عبارة عن ماسورة بقطر يناسب القطر الخارجي للقيسون المستعمل ويتكون قاعها من خوص من الصلب متعامدة وذات حافة حادة تستطيع بمعاونة ثقلها أن تخترق الطبقة الطينية وتفتتها وتحولها إلى روبة ثم ترفع هذه الروبة ببلف آخر يحتوي قاعه على رداخ من الجلد يسمح بدخول ناتج حفر الطبقات الطينية والرملية ـــ دون خروجها ـــ ويستكمل العمل بنفس الطريقة التي اتبعت في الحفر اليدوي.

3- طريقة الحفر الدورانية (Rotary drilling)

وهي أسرع طرق الحفر للآبار العميقة والتي يصل قطرها إلى 18 بوصة ولعمق حتى ألف متر. في هذه الطريقة لا تستخدم القيسونات حيث يتم التخريم بسكينة تديرها ماكينة مع الضغط وباستعمال الطين الأسوانلي أو مادة البنتو نيت على هيئة سائل يندفع من نهاية السكينة ليخرج من أعلى الثقب حاملاً معها ناتج الحفر ويعمل على تغليف جدار ثقب الحفر بطبقة رقيقة تمنع جدرانه من التهايل ويعمل كذلك على تبريد سكينة الحفر **شكل رقم (   ).**

يتوقف نوع السكاكين التي تستعمل في الحفر على نوع التربة التي يتم الحفر فيها. ومن عيوب هذه الطريقة هو أي تنمية وتطهير الآبار التي تحفر بهذه الطريقة تحتاج إلى جهد كبير بسبب المادة اللزجة التي تستخدم في سائل الحفر.

تصميم الآبار :

يبدأ التصميم باختيار الموقع المناسب لحفر البئر على ضوء ما أظهرته الجسات الاختبارية والقطاعات الجيولوجية ـ يراعى في ذلك سهولة الوصول إلى البئر وعدم زيادة نسبة الرمال الناعمة أقل من 0.25 مم لا تزيد عن 25%. كما يراعى عند دق آبار الشرب أن تبعد بما لا يقل عن 200 متر من المساكن.

وعندما يكون المطلوب دق أكثر من بئر في المنطقة فإنه يجب أن يراعى وجود مسافات تضمن عدم تداخل مناطق تأثير الأبار على بعضها كما يراعى وقوعها على خط متعامد مع مسار المياه الجوفية في الموقع. وبعد تحديد موقع البئر ـــ يجب أن تتوفر البيانات الآتية والتي تلزم لتكملة التصميم وهي :

* التصرف في وحدة الزمن المطلوب سحبه من البئر .

* قطاع جيولوجي في موقع البئر محدد عليه مناسيب الطبقات المختلفة والتركيب الحبيبي للطبقات الحاملة للمياه ومعامل النفاذية لها.

* منسوب سطح المياه الجوفية بالنسبة لسطح الأرض، حيث عادة يؤخذ منسوب سطح الأرض = صفر في منطقة الجسة (أو البئر الاختباري)

تحديد قطر البئر (القيسون):

عادة لا يقل عن 4 بوصة وتتحكم في تحديد قطر البئر العوامل الاقتصادية، فزيادة قطر البئر تقلل من الفواقد الهيدروليكية بالاحتكاك وتقلل من الطول اللازم للمصفاه ولكن مضاعفة قطر البئر لا تعني مضاعفة تصرفه. بل تؤدي إلى زيادة قليلة قد تصل إلى حوالي 10% يراعى أن يكون قطر البئر مناسب لحجم الطلمبة التي ستركب بداخله (أو تركب عليه).

يحدد قطر الحفر طبقا لقطر قيسون البئر كالأتي :

قطر القيسون	قطر الحفر
6"	$8\frac{1}{2}$"
8"	$12\frac{1}{4}$"
$9\frac{5}{8}$"	$13\frac{5}{8}$"
12"	$17\frac{1}{2}$"
20"	26"

العلاقة بين قطر القيسون وقطر الطلمبة الغاطسة ومعدل السحب للاسترشاد بها:

معدل سحب المياه بالجالون فى الدقيقة	القطر الاسمى للطلمبة بالبوصة	أقصى قطر للقيسون بالبوصة القطر الداخلي	أصغر قطر للقيسون بالبوصة القطر الداخلي
أقل من 100	4"	6"	5"
75 إلى 175	5	8	6
15 إلى 400	6	10	8
350 إلى 650	8	12	10
600 إلى 900	10	14	12
850 إلى 1300	12	16	14
1200 إلى 1800	14	20	16
1600 إلى 3000	16	24	20

حساب طول المصفاه :

يتكون الجزء العلوي من مواسير مصمتة والتي تسمي بلاطة (ماسورة السحب) وهي عادة تكون من الصلب المجلفن ويتم توصيلها بواسطة الجلب القلاووظ هذه المواسير تعلو الطبقة الحاملة للمياه.

أما الماسورة التي تخترق الطبقة الحاملة للمياه فهي المصفاه لوجود مفتحات بها علي كامل استدارتها حيث تنفذ المياه من هذه الفتحات إلى داخل البئر.

للمصافي دور هام في زيادة أو نقص إنتاجية البئر للحصول على أفضل النتائج يراعى الأتي :

* وضع المصفاه في الطبقات ذات النفاذية العالية بقدر الإمكان.
* سرعة دخول المياه الى المصافي 3سم / ث.
* سرعة صعود المياه في ماسورة السحب (البلاطة) 1.5 متر في الثانية.

2 الباب الثانى

الصرف الصحى للقرى والنجوع
والمجتمعات الصغيرة والمنعزلة

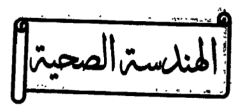
مقدمة

الفصل الأول
نظم تجميع والتخلص من مخلفات الصرف السطحى
فى القرى والنجوع

الفصل الثانى
خصائص مياه الصرف ومعايير نوعيه المياه المعالجة

الفصل الثالث
طرق معالجة مياه الصرف الصحى التقليدية والغير تقليدية

الفصل الرابع
ضوابط وطرق الرى بمياه الصرف الصحى المعالج



مقدمة

تفاقمت في الأونة الأخيرة مشكلة الصرف الصحي في القري المصرية للأسباب الأتية :

* زيادة الكثافة السكانية مع التوسع الرأسي في الإسكان مع محدودية التوسع الأفقي حيث المتاح فقط هي الأراضي الزراعية الغير مصرح بالبناء عليها.
* ارتفاع منسوب المياه الجوفية نتيجة تسرب مياه الصرف ومياه الري .
* التغير الذي حدث في نمط المياه وما ترتب عليه من زيادة في معدل استهلاك المياه هذا بالإضافة إلي التغير في نمط الإسكان وتحديثه .

وقد ترتب علي ذلك :

* تلوث المجاري المائية نتيجة للصرف عليها أو إلقاء مخلفات الكسح لمياه الصرف الصحي.
* ارتفاع منسوب المياه الجوفية حتي وصل فوق سطح الأرض والذي كان له تأثير سلبي علي سلامة المباني بالإضافة إلي المساعدة علي انتشار الحشرات والهوام والبعوض.
* تلوث الخزان الجوفي وكذلك وصول الملوثات إلي شبكات المياه.
* زيادة الأعباء علي سكان القرى نتيجة تكاليف العلاج من الأمراض الوبائية والمزمنة وتكاليف الكسح وتكاليف المرمات للمباني.

تعتبر هذه المشكلة هي الأولي في حوالي 1500 قرية من إجمالي قرى مصر البالغ عددها أكثر من 4500 قرية ومن المتوقع أن يزداد هذا الرقم . أي أن المشكلة ذات الأولوية العاجلة تمثل 35% من إجمالي القري ، وينتظر أن تصل إلي 65% .

وقد اتبعت لعلاج هذه المشكلة الحلول التالية طبقاً لإمكانيات وظروف كل محافظة.

* استخدام عربات كسح سواء حكومية أو أهلية لنقل المخلفات خارج كردون المدينة.
* إنشاء خطوط صرف أو شبكة انحدار صغيرة بالجهود الذاتية تصب في المصارف الزراعية المجاورة للقرية أو تخترقها.
* تغطية المجاري المائية داخل الكتلة السكنية.
* ردم البرك الموجودة داخل الكردون .
* تعلية المنازل والأساسات داخل كردون القرية.
* محاولة ترشيد استخدام المياه.

وتعتبر كل هذه الحلول وقتية وما تلبث أن تعود المشكلة بعد فترة، هذا علاوة علي أن الحل الأول والثاني يسببان تحويل المشكلة من ارتفاع منسوب المياه إلى تلوث المجاري المائية . ولهذا فقد تم عمل حلول.

دائمة تقضي علي المشكلة نهائيا حيث تم تناول الحلول التالية :

1. مشروعات شبكات انحدار ومحطات رفع تضخ إلي أقرب مدينة، وذلك في حالة بعد القرية عن المدينة التي بها محطة معالجة ذات قدرة علي تقبل تصرفات جديدة حوالي 5كم.

2. مشروعات شبكات انحدار.ومحطات رفع تضخ إلي محطة معالجة صغيرة وفي ضوء الاعتبارات السابقة وبناء علي دراسات أجريت بواسطة العديد من المكاتب الاستشارية والجهات الحكومية فقد تبين الأتي :

أن نسبة خدمة سكان الريف بالصرف الصحي حتي عام 1990 لا تتعدي3% ووصلت إلي 15% عام 2002 وللوصول بنسبة الخدمة عام 2017 إلي 65% لسكان الريف وهم الذين يعانون حاليا فإن ذلك يتطلب 17 مليار جنيه طبقاً لأسعار 1990 وذلك في حالة استخدام أنظمة تقليدية لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي.

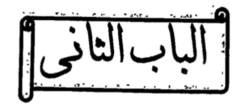
ولذلك فقد ظهرت الحاجة إلي تغيير المفهوم السائد والتعامل مع المنطق بأسلوب مختلف من خلال طرح أفكار وحلول تراعي قلة التكلفة الإنشائية وقدرات القرية المحدودة في التشغيل والصيانة مع الأخذ في الاعتبار التخطيط العمراني المتدني للقرى من حيث ضيق الشوارع وقلة معدلات استهلاك المياه، بما يوفر الحل العملي للمشكلة دون الضغط علي ميزانية الدولة مع تطوير حياة كريمة لسكان هذه القرى اللذين يعانون حالياً من مشاكل التلوث لانعدام هذه الحقوق.

ونظرا لصعوبة تنفيذ المشروع التقليدي المتكامل المكون من شبكات انحدار ومحطات رفع وخطوط طرد ومحطة معالجة،وأيضا للتغلب علي النواحي الاقتصادية وظروف كل قرية، فقد لجأ أهالي هذه القري إلي استخدام طرق غير تقليدية مع الاستعانة بأخرين متخصصين حيث أصبحت الحل الوسط بين الطرق المحلية والنظام التقليدي المتكامل مع التغلب علي مشاكل المباني العشوائية وسوء التخطيط العمراني للقرية حيث ضيق وعدم استقامة الشوارع في كثير من الأحيان. وسيتم في هذه الدراسة تناول طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحي في القري والتجمعات السكانية الصغيرة والمنعزلة وذلك في قرى مصر وفي دول العالم الثالث مثل دول جنوب شرق أسيا، سيتم تناول نماذج التطوير التي نفذت وكذلك المقترحات للتطوير وزيادة كفاءته. وقد تم تناول هذه الموضوعات فى الفصل الأول من الفصل الثانى تم الاشارة إلى خصائص مياه الصرف ونوعية المياه المعالجة والفصل الثالث خصص لالقاء الضوء على طرق معالجة مياه الصرف الصحى التقليدية أما الفصل الرابع فتم فيه توضيح ضوابط وطرق الرى بمياه الصرف الصحى المعالج.

الفصل الأول

نظم تجميع والتخلص من مخلفات الصرف الصحى فى القرى والنجوع

* طرق التخلص من المخلفات المنزلية فى قرى مصر
* خزان التحليل أو التخمير
* التخلص من مياه صرف خزان التحليل



1ـ طرق التخلص من المخلفات المنزلية للصرف الصحي في قرى مصر :

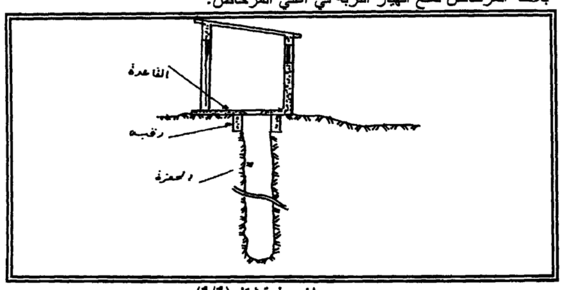
أ-عند عدم وجود مياه جارية بالمنزل وبعد المياه الجوفية عن سطح الأرض:

في هذه الحالة تكون المخلفات عبارة عن المواد البرازية والفضلات الصلبة التي لا يمكن نقلها بالمواسير إلي أى مسافة من المرحاض لعدم احتوائها علي الكمية الكافية من المياه التي تمكن من النقل. وهذه الحالة موجودة في قرى مصر التي لم تصل لها خدمة شبكات المياه الصالحة للشرب حيث توزع المياه عن طريق حنفيات عامة خارج المنزل. المتبع في هذه الحالة هو إنشاء مرحاض أو أكثر في كل منزل حيث يستخدم في هذه الحالة مرحاض الحفرة (Pit Privy).

يتكون مرحاض الحفرة من الحفرة والرقبة والبلاطة (القاعدة) شكل(1/1).

ومبني المرحاض وطريقة إنشائه كالأتي :

يتم حفر حفرة في الأرض بحفاره خاصة ذات بريمة مركبة علي نصبة من ثلاث أرجل ــ وتستخدم الحفارة بقطر 16 بوصة وهو القطر المناسب. يتراوح عمق المرحاض من 5-7 متر نظرا لأن التربة المصرية غرينية سوداء أو صفراء متماسكة فإن جوانب الحفرة لا تنهار ولا تحتاج لعمل بطانة لتثبيتها. تتكون رقبة المرحاض من أسطوانة مفتوحة الطرفين بارتفاع لا يقل عن 35 سم وقطر يزيد قليلا عن قطر حفرة المرحاض وتكون عادة من الخرسانة . توضع الرقة في أعلى الحفرة عن سطح الأرض وأسفل بلاطة المرحاض لمنع انهيار التربة في أعلي المرحاض.



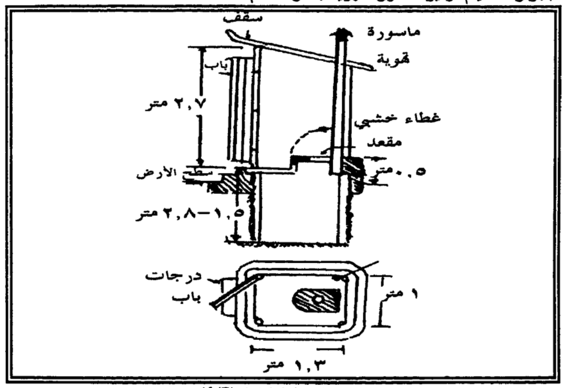
مرحاض حفرة شكل (1/1)

تصنع قاعدة المرحاض من مادة صلبة صماء بمقاسات تتراوح من 0.8 × 0.8 متر إلي 1.6× 1.6 متر ويفضل أن تكون من الخرسانة المسلحة وتكون بها فتحة متوسطة السعة وعلي جانبيها دواستان مرتفعتان ارتفاعاً بسيطاً. كما يجب أن

يكون سطح البلاطة منحدرا نحو الفتحة لضمان صرف السوائل إلي الفتحة. ويفضل تزويد البلاطة بغطاء متحرك للفتحة يمنع وصول الذباب إلي داخل الحفرة. يبني للمرحاض مبني خاص يتسم بالبساطة والنظافة والراحة وحسن التهوية والإضاءة.

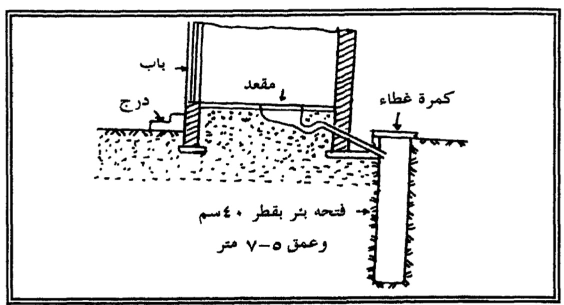
يقدر عمر المرحاض بأربعة أعوام في المتوسط حسب نوع التربة وكمية الاستعمال . وقد يتم ردم الحفرة بعد امتلائها وحفر مرحاض آخر أو يتم كسحها واستعمال محتوياتها كسماد مع إعادة استعمال المرحاض.

* نوع أخر من مرحاض الحفرة الاقتصادي ولا يحتاج إلي عماله شكل(1/2). يتكون من حفرة 1.3 متر × 1 متر وبعمق 1.5 حتي 2.8 متر. أعلا الحفرة توجد قاعدة المرحاض الموجودة في حجرة المرحاض وهذا المرحاض مؤقت حيث عند ملئه يتم قفله وردمه من أعلى بطبقة تربة سميكة 60سم مع عمل حفرة جديدة بجوارها . يتم توفير ماسورة تهوية بقطر 10سم.



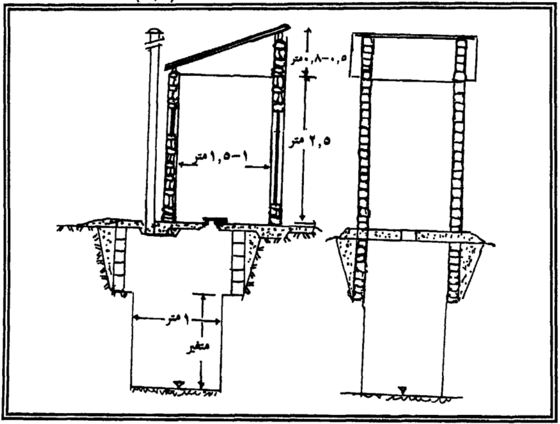
مرحاض الحفرة شكل (1/2)

* نوع آخر من مرحاض الحفرة أو الثقب حيث قطر الحفرة 16 بوصة (40سم)، وعمق الحفر فوق منسوب المياه الجوفية بمسافة لا تزيد عن متر واحد. يمكن تبطين الحفرة بالطوب من الداخل. عند امتلاء الحفرة يتم تغطيتها بطبقة سميكة من التربة مع عمل حفرة أخري قريبة منها شكل (1/3) يوضح مرحاض الحفرة المطور حيث يمكن تجنب الرائحة والذباب.



شكل (1/3) مرحاض حفرة البئر

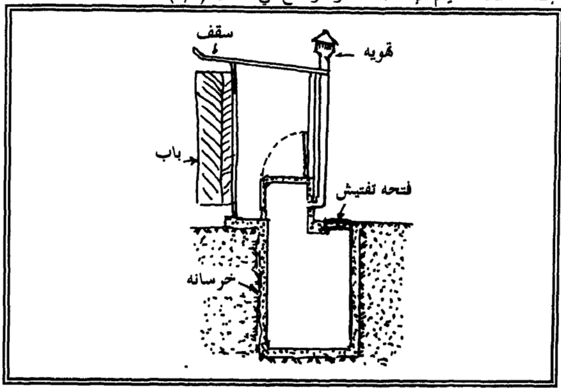
*مرحاض البئر المحفور: وهو يشبه مرحاض الحفرة والاختلاف هو في قطر الحفرة حيث في مرحاض البئر المحفور تكون أبعاد الحفرة 75×75×360 سم مع تبطين الحفر بالطوب أو الأحجار ، قد يكون بالأبعد شكل (1/4).



شكل (1/4) مرحاض الحفرة

ب- المرحاض الخرساني :

في حالة التربة المسامية أو المتماسكة وعند ارتفاع منسوب المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض ، يكون من غير المناسب استخدام مرحاض الحفرة وذلك لمنع تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف . عندئذ يكون من المناسب عمل المرحاض الخرساني كما في الشكل(1/5). وعند امتلاء المرحاض الخرساني يتم تفريغه ثم إعادة استخدامه يتم الإنشاء كما هو موضح في الشكل (1/5).



شكل (1/5) مرحاض خرساني.

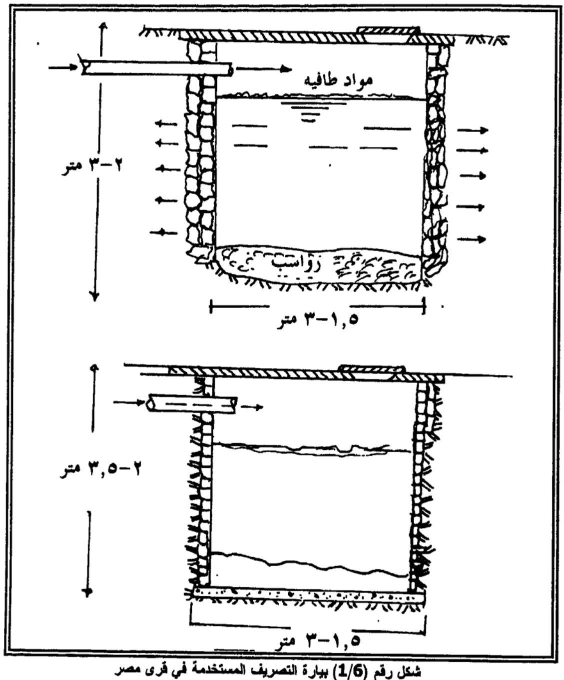
بيارة (مرحاض التصريف) شكل (6-7-1/8)

وهو منشأ ثابت يتكون من غرفة يختلف حجمها حسب عدد الأشخاص المستخدمين، ولا يقل حجمه عن متر مكعب للمنزل الذي يسكنه ست أفرد. حوائط الحفرة وقاعها مبطنة بالخرسانة أو الأحجار ومزودة بفتحات تصريف في الأجناب أو بماسورة تصريف غير متصلة. يتميز بإنشائه في التربة المفككة أو الرملية كما يجب ملاحظة الآتي في اختيار موقع المرحاض.

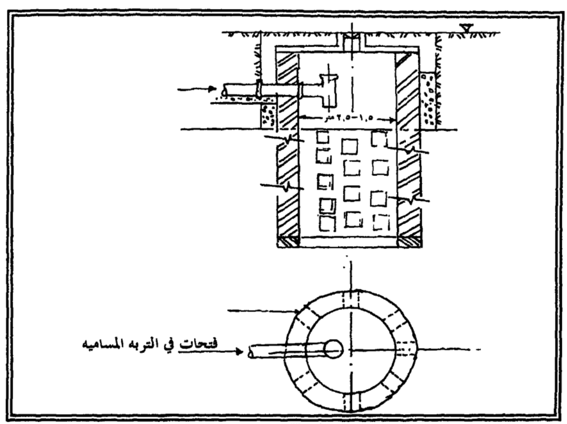
* أن يبعد عن مصادر مياه الشرب والاستعمال المنزلي بمسافة لا تقل عن 30 متر.

* أن يكون وضعه بالنسبة لبئر المياه بحيث يتجه سير المياه الجوفية من بئر المياه إلي المرحاض وليس العكس.

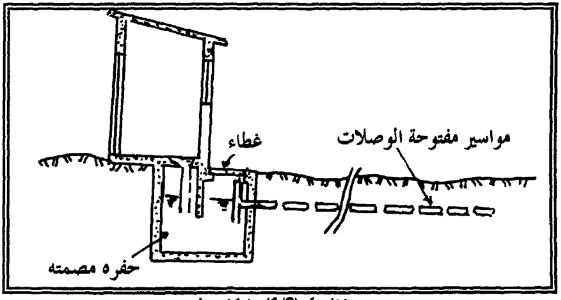
ويتم التخلص من المخلفات السائلة بهذه المراحيض إلي باطن الأرض عن طريق فتحات جانبية أو عن طريق ماسورة مفتوحة الوصلات حيث تتسرب السوائل إلي باطن الأرض وتتحلل المواد العضوية متحولة إلي سوائل وغازات. ولذا يفضل عمل ماسورة تهوية للمرحاض ترتفع حتي سطح المنزل. وبذلك لا يبقي من المواد الصلبة غير جزء بسيط منها وهو الذي يتجمع ببطء علي مر السنين.



شكل رقم (1/6) بيارة التصريف المستخدمة في قرى مصر

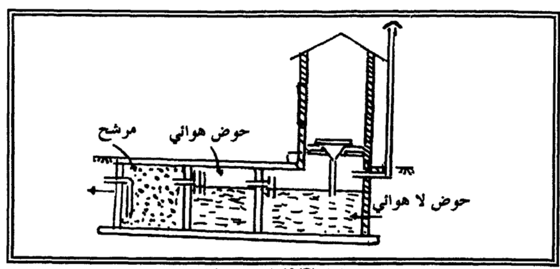


شكل رقم (1/7) بيارة التصريف



شكل رقم (1/8) بيارة تصريف

وعند وجود مياه جارية في المنزل أو المنشأة (مدرسة، مستشفي) فإنه يستخدم المرحاض المائي شكل (1/9) حيث تعالج مياه الصرف هوائياً ولاهوائياً ثم إلي المرشح ومنه إلي الري السطحي.



شكل (1/9) المرحاض المائي

2ـ خزان التحليل أو التخمير (Septic Tank)

خزان التحليل عبارة عن حوض أصم من الطوب أو الخرسانة الغرض منه ترسيب أكبر كمية من المواد الصلبة الموجودة في المخلفات السائلة وتعريضها لعوامل التحلل. نظراً لسكون المياه في أحواض التحليل فإن المواد الصلبة العالقة ترسب إلي القاع، وحيث لا يوجد أكسجين الهواء الجوي أو الضوء عندئذٍ تنمو البكتريات اللاهوائية وتنشط والتى تقوم بعملية التحلل اللاهوائي للمواد العضوية وتحويل معظمها إلي سائل وغاز.

تغطي أحواض التحلل بسقف من الخرسانة المسلحة والذي يكون إما علي أجزاء بعرض 30 سم حتى يمكن رفعها عند الحاجة إلي تنظيف الخزان ، أو بعمل السقف قطة واحدة مزودة بفتحات كفتحات غرفة التفتيش حتي يمكن تنظيف الحوض عند الحاجة. ويشترط للأداء الجيد لخزان التحصيل توافر الشروط الآتية:

* أن تكون سرعة مرور المياه في الخزان بطيئة إلي الحد الذي يسمح بترسيب الجزء الأكبر من المواد الصلبة العالقة،وإن تكون سعة خزان كافية حيث لا تقل عن 250 لتر لكل شخص من سكان المبني شريطة ألا تقل سعة الخزان التحليل عن 2 متر مكعب.

تبنى خزانات التحليل مستطيلة الشكل حيث الطول يكون ضعف أو ثلاثة أضعاف العرض ويكون العمق ما بين 1.2- 1.5 متر وتكون السعة بحيث يبقي الماء فيها مدة تتراوح ما بين 12 إلي 48 ساعة ولا يزيد عن ذلك حتي لا تتعرض المواد العضوية الموجودة في الماء لهجمات عوامل التعفن والتحلل.

* أن يكون دخول المياه إلي الأحواض وخروجها منها بطريقة تضمن عدم إثارة المواد التي تم ترسيبها، ويتم ذلك بعمل فتحات لدخول المياه وخروجه تحت

سطح الماء وبحيث تكون مرتفعة عن مستوي المواد الراسبة بمسافة تكفي لمنع إثارة هذه المواد، كما يتم تجهيز المدخل والمخرج بحواجز (Baffles) مثبتة لمنع اختصار رحلة المياه ومرورها سطحياً من المدخل إلي المخرج مباشرة وكذلك منع دخول المواد الدهنية الطافية علي سطح الماء إلي المواسير الخارجة من الحوض بالإضافة إلي عدم إثارة المواد التي سبق ترسيبها.

* عند حساب سعة خزان التحليل يجب مراعاة ترك حيز كاف لتجميع الرواسب، عادة يكون هذا الحيز بعمق 30 سم، كما يفضل أن يميل قاع الحوض نحو المدخل إذ أن الجزء الأكبر من المواد الصلبة العالقة يرسب عند دخول الحوض مباشرة.

* تتميز أحواض (خزانات) التحليل باستمرار عملها دون الحاجة إلي عناية خاصة وكذلك عدم الحاجة إلي التنظيف أكثر من مرة كل بضع سنوات إذ روعي في تصميمها القواعد الصحية للتصميم.

* المواد الصلبة التي ترسب في القاع ولا تتحول إلي غاز أو سائل فإنها تكون سوداء عديمة الرائحة تصلح لتسميد الأرض.

* الغاز الناتج من خزان التحليل هو غاز قابل للاشتعال ويتم صرفه بماسورة تهوية بجوار جدار الحوض فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلي حائط قريب حيث تصعد مرتكزة علي الحائط مع ترك فوهتها مفتوحة للجو بعيداً عن نوافذ المباني مع حماية هذه الفوهة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن.

القواعد التصميمية لخزان التحليل:

تبني خزانات التحليل في المناطق الريفية حيث التجمعات السكنية المتاخمة للمدن أو المنعزلة، وكذلك للمنشآت مثل المدارس والمستشفيات حيث شبكات الصرف تحت سطح الأرض والمعالجة لمياه الصرف قد لا تكون اقتصادية أو مُجديه وعندئذٍ تستخدم خزانات التحليل التي يتبعها الصرف تحت سطح الأرض. في المناطق حيث التربة مسامية يكون استخدام هذه الطريقة مُجدي .أما في حالة التربة الطفيلية و التربة الغير مسامية أو أن المساكن متجاورة بمسافات صغيرة عندئذٍ. تستخدم حفر توصيل بالتصميم المناسب عندما يكون من الضروري استخدام خزان التحليل. لا يتم صرف المياه المعالجة من خزان التحليل في المصارف نظراً لأنها تسبب مشاكل صحية ومضايقات من تجميع الهوام. وفي حالة توفر شبكة صرف صحي يمكن الصرف علي الشبكة.

يستخدم خزان التحليل حيث لا يزيد عدد المستخدمين عن 300 فرد. للأداء المرضي لخزان التحليل يجب توفير الكمية المناسبة من المياه، كما أن المياه المحتوية علي كميات زائدة من المنظفات الصناعية والمبيدات يصعب معالجتها في خزانات التحليل بما يستوجب عدم دخولها إلي خزان التحليل.

يجب دهان المباني من الداخل بالمونة الأسمنتية الغنية بالأسمنت والتي قد يضاف لها بعض الكيماويات المانعة لنفاذة المياه وتكون الأرضية الخرسانية بميل في اتجاه مخرج الحماه (1: 2).

تدفق مياه الصرف الصحي في خزان التحليل يعتمد علي عدد المواسير المثبتة التي تقوم بالصرف في آن واحد . ولذلك فإن بعض التجهيزات الصحية مثل الحمامات والمطابخ.. الخ يتم تقييمها علي أساس وحدات مواسير للصرف كما في الجدول (1، 2 ، 3) حيث وحدة المواسير للصرف هي التي تعادل الصرف بمعدل 10 لتر في الدقيقة.

جدول (1/1) معدل الصرف لمصادر الصرف

نوع مصدر الصرف	وحدة التصرف المكافئة
مرحاض	1
حمام	0.5
مطبخ	0.5
ميولة	0.5
حوض غسيل	0.5
حنفية شرب	0.5
حوض حمام	2.00

جدول (1/2) تقدير أقصي تصرف للتجمعات الصغيرة

عدد المستخدمين	المكافئ من عدد وصلات الصرف	أقصي صرف محتمل لتر في الدقيقة
5	1	10
10	2	20
15	3	20
20	4	30
25	5	40
30	6	40
35	7	50
40	8	60
45	9	60
50	10	70

حيث العدد المحتمل لوصلات الصرف التي تصرف في آن واحد هي :

2، 3 – 2 ، 5، 6 – 4 ، 8، 9-6

جدول (1/3) تقدير أقصي صرف للتجمعات السكنية

عدد المستخدمين	عدد المنازل	العدد المكافئ من وصلات الصرف	أقصي صرف علي أساس 60 %صرف في وقت واحد لتر / الدقيقة
100	20	40	240
150	30	60	360
200	40	80	45
300	60	120	720

تفاصيل لإنشاء لخزان التحليل :

*خزان التحليل مستطيل الشكل من المنظور الأفقي والطول يساوي تقريبا 2-4 العرض.

*عمق السائل للخزانات الصغيرة متر واحد وبالنسبة لخزانات التحليل الكبيرة قد يصل إلي 1.8 متر.

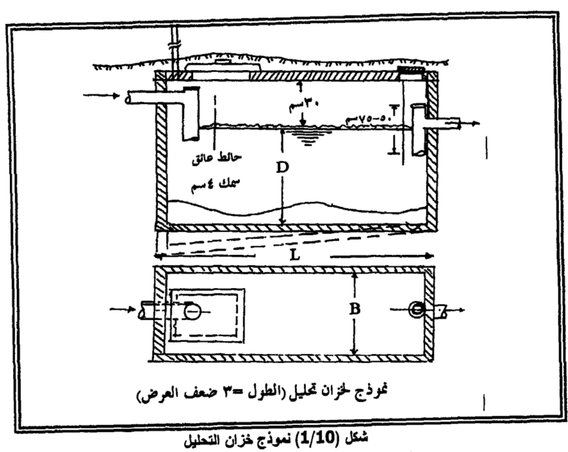
- يوجد ارتفاع فوق سطح الماء 30-45سم لتثبيت المواسير وللخبث والغازات ... الخ.

* ماسورة الدخول في شكل كوع أو حرفT مغمورة لعمق 15-25 سم أسفل منسوب المياه بمسافة لا تقل عن 15 سم. في حالة خزانات التحليل الكبيرة جداً يستخدم هدار للمخرج مثل الهدارات المستخدمة في أحواض الترسيب.

*في حالة الخزانات الصغيرة يكفي عائق واحد من النوع المعلق يوضع العائق عادة علي مسافة 20-30 سم من ماسورة الدخول ويظل 15 سم ، 30 سم أعلى وأسفل منسوب المياه. تستخدم عوائق الخروج بالنسبة لخزانات التحليل الكبيرة عند توافر هدار للمخرج.

* يكون الغطاء من الخرسانة المسلحة وتوجد فتحة دخول مغطاه بغطاء من حديد الزهر.

* تركب ماسورة تهوية بقطر 5-7 سم وحتي قطر 10 سم من الاسبستوس أو من حديد الزهر لصرف الغازات. وتغطي نهايتها بغطاء معدني لمنع دخول الهوام والأتربة وبما يسمح بخروج الغازات. الشكل (10) يوضح مسقط أفقي ومقطع جانبي لخزان التحليل المناسب للاستخدام المنزلي. أدني عرض وأدني عمق للسائل في خزان التحليل يكون 75 سم، 100 سم بالتتالي. أدني طاقة للسائل تكون متر مكعب . طول الخزان 2-4 العرض الجدول (1/4) يوضح الأبعاد المناسبة للخزان طبقا للشكل رقم (10).



نموذج لخزان تحليل (الطول =٣ ضعف العرض)

شكل (1/10) نموذج خزان التحليل

جدول (1/4) أبعاد خزانات التحليل طبقا للمواصفات القياسية (IS)

عدد المستخدمين	الطول L بالمتر	العرض B بالمتر	عمق(؟) D علي الأقل بالمتر	طاقة السائل اللازم توفيره بالمتر المكعب	ارتفاع الحائط فوق سطح السائل سم	الحمأة اللازم تداولها بالمتر المكعب	فترات النظافة التي يوصي بها
5	1.5	0.75	1	1.12	30	0.18	6 شهور
			1	1.12	30	0.36	1 عام
			1.05	1.18	30	0.72	2 عام
10	2	0.9	1.0	1.8	30	0.36	6 شهور
			1.0	1.8	30	0.72	1 عام
			1.4	1.52	30	1.44	2 عام
15	2	0.9	1	1.8	30	0.54	6 شهور
			1.3	2.34	30	1.08	1 عام
			2.0	3.6	30	2.16	2 عام
20	2.3	1.1	1	2.53	30	0.72	6 شهور
			1.3	3.3	30	1.44	1 عام
			1.8	4.55	30	2.88	2 عام
50	4	1.4	1	5.6	30	1.8	6 شهور
			1.3	7.28	30	3.6	1 عام
			2.0	11.2	30	7.2	2 عام

يلزم توفير الفراغات الآتية في خزان التحليل :

* احتواء مياه الصرف الصحي الداخله.
* تحلل أو تخمير الحماة المرسبة.
* تخزين الحماة المرسبة حتي التخلص منها.

* الفراغ اللازم لاحتواء المياه الداخلية يكون عند درجة حرارة 25° م بمعدل 0.92 متر مربع لكل 10 لتر في الدقيقة لأقصي تدفق مع الاحتفاظ بأدني عمق للترسيب 25–30 سم. كما يمكن حساب المعدل المتوسط للتدفق لكل فرد فى اليوم حسب معدل الاستهلاك اليومي للفرد.

* الفراغ اللازم لتحلل أو تخمر الحماة. يمكن تقدير هذا الفراغ ليكون بمعدل 0.0425 متر مكعب للفرد وعند 25°م 0.032 متر مكعب للفرد.

الفراغ اللازم لتخزين الحماة التي تحللت :

جدول (1/5) الحماة المتحللة الناتجة لكل فرد طبقا لفترات النظافة كالآتي :

فترة التنظيف		طاقة التخزين	
6	أشهر	0.0283	متر مكعب
1	عام	0.049	متر مكعب
2	عام	0.0708	متر مكعب
3	عام	0.085	متر مكعب

ولمدة نظافة كل عام يمكن أخذ الفراغ لفرد ليكون 0.073 متر مكعب وهذا الفراغ أسفل منطقة الترسيب.

* كما يجب ملاحظة وجود فراغ فوق سطح السائل بارتفاع لا يقل عن 30سم بما يكفي لاحتواء عمق الخبث علي سطح السائل.

* كما قد يضاف أحيانا فراغ بعمق 25–50 سم للحماة المهضومة بغرض تنشيط الحماة.

مـــــثـــــال :

عندما تكون النظافة كل عام عند 25 م لعدد 10 أفراد تكون سعة خزان التحليل 2.15 متر مكعب طبقا للحسابات التفصيلية الآتية:

- مساحة الاستقبال للمياه للترسيب = حيث أقصي تدفق 20 لتر في الدقيقة.
- المساحة المطلوبة = 0.92متر مكعب × $\frac{20}{10}$ = **1.84** متر مكعب
- لتوفير عمق 30سم∴ الحجم= 3×1.84= **0.55** متر مكعب

- الفراغ اللازم للتحلل = 0.032 × 10 =0.32 متر مكعب
- الفراغ لتخزين الحمأة =0.073× 10=0.73 متر مكعب
- الفراغ لتنشيط الحمأة = 1.84 × 0.3 = 0.55 متر مكعب

الإجمالي = 0.55+ 0.32 + 0.73 + 0.55 = 2.15 متر مكعب

خزان التحليل المصمم طبقا للقواعد السابقة يوفر زمن استبقاء (Detention Period) 24-48 ساعة، وطبقاً لمتوسط التدفق اليومي لمياه الصرف الصحي. ولكن نظراً لأن متوسط معدل التدفق اليومي يتغير كثيراً من منشأ إلي آخر، لذلك فقد لا يؤخذ في الاعتبار زمن الاستبقاء كقاعدة لتصميم خزان التحليل. مثال ذلك:

المثال : لتصميم خزان تحليل لعدد 50 شخص مع افتراض معدل تدفق المياه 60 لتر للفرد في اليوم.

الحل : بفرض زمن الاستبقاء 24 ساعة. وزمن النظافة للحمأة كل 3سنوات عندئذٍ يكون.

* الفراغ اللازم للترسيب = 60×50 ÷1000=3 متر مكعب
* الفراغ اللازم لتحلل الحمأة =50×0.0425 =2.125 متر مكعب
* الفراغ اللازم لتجميع الحمأة =50×0.085 =4.25 متر مكعب

إجمالي الفراغ المطلوب =3+0.125+4.25= 9.375 متر مكعب

≅ 9.5 متر مكعب

مع إضافة فراغ 30 سم فوق سطح السائل لتصبح أبعاد الخزان 4 × 1.4 ×2 متر.

المعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحي المعالجة في خزان التحليل :

رغم أن مياه الصرف الصحي يحدث بها معالجات في خزان التحلل، إلا أن المياه المعالجة تظل محتوية علي الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض بما يجعل هذه المياه غير آمنه، هذا بالإضافة إلي أن هذه المياه لا تزال محملة بالمواد العضوية المذابة والمواد الهلامية والمواد الصلبة العالقة التي لم ترسب لصغر حجمها، كما أن رائحة المياه المنتجة تكون منفره أكثر من المياه الداخلة.

تقدر كمية المواد الصلبة العالقة التي يحملها السائل عند خروجه من خزان التحليل بثلث المواد الصلبة التي كانت في المخلفات السائلة عند دخولها. وهذا لا يعني أن خزان التحليل ليس له قيمة فالغرض منه هو إعداد مياه الصرف بما يمنع الانسداد عند استخدامها أو نشرها أو لإعدادها للمعالجة الثانوية. هذا بالإضافة إلى أن التنقية النهائية للمياه يمكن أن تتم بالتسرب خلال التربة حيث يمكن قتل الكائنات الممرضة والتخلص منها.

عادة يتم المعالجة للمياه الخارجة من خزانات التحليل الكبيرة معاجلة ثانوية خلال المرشحات البيولوجية، أما المياه الخارجة من خزان التحليل الصغير فإنه لا يتم لها أى معالجة قبل صرفها.

3. المياه المعالجة في خزانات التحليل يتم التخلص منها بأحد الطرق الآتية :

1ـ الري السطحي :

في هذه الطريقة يستعمل السائل الخارج من أحواض التحليل في ري مساحات من الأراضي الزراعية أو الرملية المجاورة لخزان التحليل ويفضل لنجاح هذه الطريقة الأرض المسامية ، حيث تقدر المساحة المطلوبة بفدان لكل 30–100 شخص. يمكن زراعة جميع أنواع الزراعات بمياه أحواض التحليل عدا الزراعات التي تنمو ثمارها تحت سطح الأرض (مثل البطاطس والبطاطة والجزر والفول السوداني) أو التي تتدلى ثمارها قريباً من سطح الأرض مثل الطماطم والباذنجان والكرنب والقرنبيط والعنب .

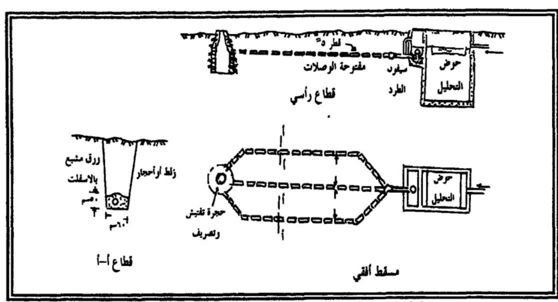
لذا يخشي علي مثل هذه الثمار من التلوث بالميكروبات التي توجد في المخلفات السائلة أما الزراعات التي تكون ثمارها بعيدة عن سطح الأرض مثل الحبوب فلا خطر من تلوثها كما يفضل استعمالها لري الأشجار الخشبية عموماً وكذلك الزراعات التي لا تؤكل طازجة.

نظرية المعالجة عند التخلص بالري السطحي:

تعتمد المعالجة عند التخلص بالري السطحي علي أداء البكتريا الهوائية التي توجد في التربة والتى تعمل علي أكسدة المواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة أي تحولها إلي مواد غير عضوية باستخدام الأكسجين التي يتخلل مسام التربة . لذلك يجب ملاحظة المحافظة علي مسامية التربة وعدم انسدادها ولذلك تقسم الأرض إلي ثلاثة أجزاء أو أكثر تروي يوماً بعد يوم لتأخذ كل قطعة فترة راحة يتخلل فيها أكسجين الهواء الجوي مسام التربة. وقد يتم اللجوء إلي حرث الأرض لتهويتها.

2- الري تحت سطح الأرض : (Sub surface Irrigation)

في هذه الطريقة يصرف السائل الخارج من خزان التحليل في الأرض علي عمق صغير يتراوح ما بين 70،50 سنتيمتر وذلك بواسطة خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات شكل (11) وهذه الطريقة تمتاز بأنها لا تحتاج إلي عناية كبيرة كما أنها تكون أقرب إلي النجاح كلما كانت الأرض. مسامية مفككة وكذلك كلما كانت المواسير علي أعماق صغيرة من سطح الأرض حيث تنشط البكتريا الهوائية.

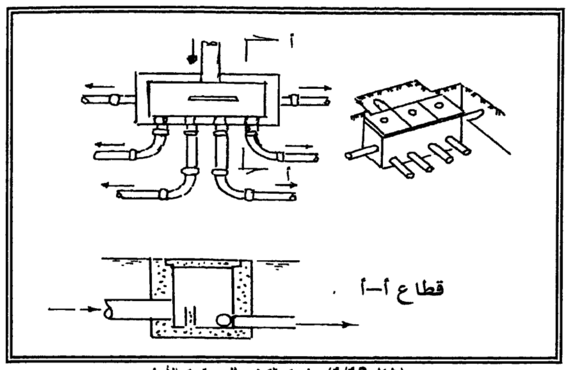


(شكل **1/11**) نظام المواسير المفتوحة الوصلات للري تحت سطح الأرض

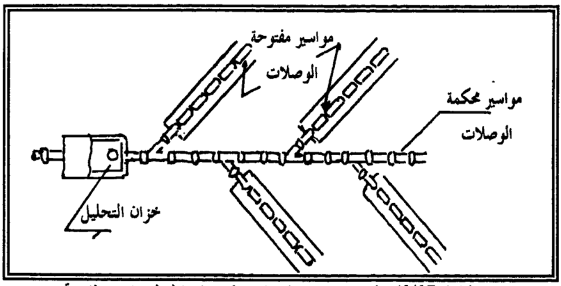
ويصنع الجزء الأول من الماسورة الخارجة من خزان التحليل بطول حوالي 1.5 متر وتكون من الفخار المزجج بلحامات من المونة الأسمنتية والرمل ثم تبدأ بعد ذلك مواسير التوزيع التي تقوم بتصريف السائل في مسام التربة وهذه تكون قصيرة حيث يكون طولها حوالي 30 سم وتصنع من الفخار العادي غير المطلي (غير المزجج) وبلا رءوس وتوضع بحيث تكون المسافة بينها حوالي 1.5 سم حتي يمكن أن تتسرب منها المياه إلي جوف الأرض.

تصنع مواسير التوزيع في خنادق منحدرة انحداراً خفيفاً تتراوح ما بين 1 : 300 أو 1 :500. عمق الخندق حوالي 50 سم ثم يملأ الخندق حولها وبارتفاع بضعة سنتيمترات فوق سطحها العلوي بكسر الطوب أو الحجر أو الزلط بما يساعد على تسرب المياه منها إلى التربة المجاورة كما أنه تغطيه النصف العلوى من الفتحة الموجودة بين كل ماسورتين بقطعة من الخيش المقطرن وذلك لمنع وصول الأتربة داخل مواسير التوزيع وانسدادها.

ويختلف نظام تخطيط المواسير داخل الأرض حسب طبيعة الأرض نفسها. ففي الأرض المنبسطة توضع في خط مستقيم أو في خطوط مستقيمة علي ألا يزيد طول كل خط عن 30 متر ويحتاج الأمر في هذه الحالة إلي صندوق توزيع تخرج منه الفرعات المختلفة (12). كذلك يمكن مد خط مواسير محكم الوصلات من خزان التحليل ليتفرع منه خطوط المواسير المفتوحة حيث تتسرب السوائل خلال فتحاتها شكل (13)

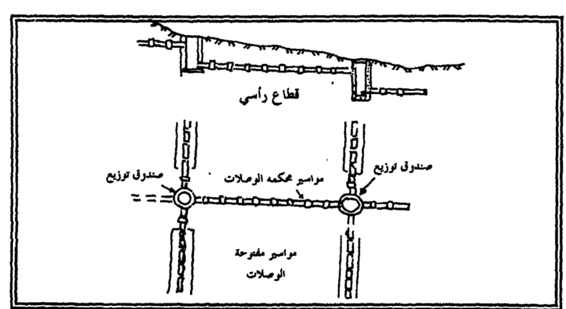


(شكل 1/12) صندوق التوزيع للري تحت الأرض



(شكل 1/13) خط مواسير محكم الوصلات تتفرع منه خطوط مواسير مفتوحة

في حالة الأراضي المنحدرة أو الجبلية فتتبع المواسير خطوط الكنتور وقد يحتاج الأمر في هذه الحالة إلي أكثر من صندوق واحد علي أن تكون المواسير الموصلة بين صناديق التوزيع مصممة أي لا يتسرب منها الماء (شكل 14)



(شكل 1/14) المواسير الموصلة التي لا يتسرب منها الماء والمتصلة بعدة صناديق

حساب أطوال المواسير :

يختلف طول مواسير التوزيع اللازمة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل باختلاف طبيعة الأرض ودرجة مساميتها حيث يتراوح الطول ما بين 5 متر في الأرض المسامية إلي 10 متر في الأراضي الزراعية ذات التربة المتماسكة وذلك لكل 100 لتر من سعت خزان التحليل. وهناك طريقة دقيقة لحساب الطول المطلوب للمواسير كالآتي:

يتم حفر حفرة مساحتها 30 سم × 30 سم إلي العمق الذي ستوضع فيه المواسير ثم تملأ بالماء بعمق 15 سم ثم يلاحظ الزمن اللازم لتسرب هذا الماء في الحفرة. يعاد هذا العمل في عدة أماكن ويوجد المتوسط وباستعمال الجدول الآتي يمكن إيجاد المساحة اللازمة لتسرب الماء بقسمة المساحة علي عرض الخندق وهو حوالي 50 سم أمكن حساب طول المواسير.

جدول (1/11) إيجاد المساحة لتسرب الماء

الزمن اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة		المساحة السطحية لكل شخص	
12	دقيقة	2.5	متر مربع
18	دقيقة أو أقل	3	متر مربع
24	دقيقة أو أقل	3.6	متر مربع
35	دقيقة أو أقل	4	متر مربع
60	دقيقة أو أقل	5.2	متر مربع
75	دقيقة أو أقل	6.3	متر مربع
180	دقيقة أو أقل	9	متر مربع
360	دقيقة أو أقل	13	متر مربع

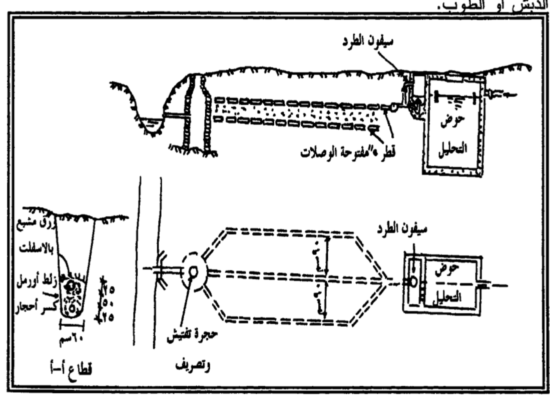
ولا يجوز استعمال مساحة أقل من 15 متر أي خندق طوله 30 متر وعرضه نصف متر مهما كان عدد السكان.

كما أنه في حالة زيادة الوقت اللازم لتسرب الماء داخل لحفرة عن 360 دقيقة دل ذلك علي صعوبة استخدام هذه الطريقة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل . كما أن الفروع المتوازية من المواسير يجب أن توضع علي مسافات لا تقل عن مترين ويفضل أن تزيد.

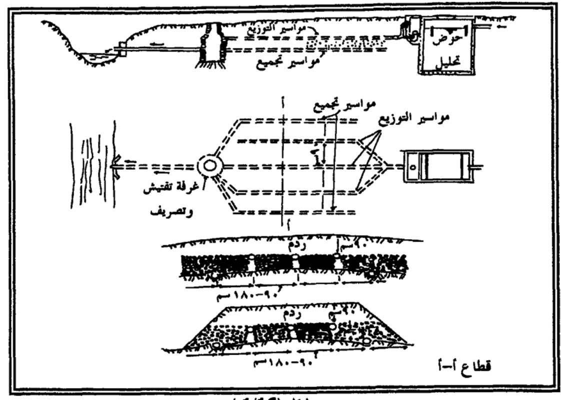
وضع المواسير في الأراضي المتماسكة ضعيفة المسامية :

في الأراضي المتماسكة حيث يصعب تسرُّب المياه منها، تحفر الخنادق بعرض 60 سم وبعمق 120 سم وتوضع في قاعها مواسير الصرف من الفخار بقطر 4´ وتسند بكسر الحجارة أو الطوب ثم يملأ الخندق بالرمل الخشن أو الزلط الرفيع بارتفاع 75 سم. ثم توضع أنابيب التوزيع التي تغطي بالزلط الخشن بارتفاع 30 سم ثم طبقة الزلط ثم يكمل ردم الخندق بالأتربة شكل (15، 16).

يشترط في هذه الطريقة أن توصل الأنابيب السفلية بمصرف. وفائدة الخندق المملوء بالزلط هي إتاحة الفرصة لنشاط البكتريا الهوائية التي تعمل علي أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي بما يمكن من التخلص من هذه المياه في مصرف مائي قريب ــ وقد يتم الاستغناء علي المواسير السفلية بعمل مجاري من الدبش أو الطوب.



شكل (1/15)



شكل (1/16)

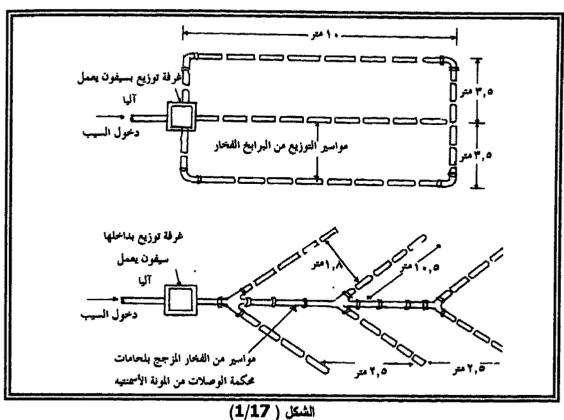
أجهزة تنظيم المياه الخارجة من خزان التحليل :

أجهزة تنظيم توزيع المياه الباردة من سيفونات أوتوماتيكية داخل غرف صغيرة تلحق بخزان التحليل حيث تخرج المياه من خزان التحليل إليها. عند وصول منسوب الماء فيها إلي حد معين تقذف بمحتوياتها دفعة واحدة إلي أنابيب التوزيع وفائدة هذه الأجهزة توزيع الماء بانتظام علي طول خط الأنابيب إذ بدونها ستلقي الجزء الأول من الأنابيب (القريب من خزان التحليل) كمية مياه من خزان التحليل أكثر من الجزء الأخير، وكذلك إعطاء مواسير التوزيع فترة راحة ليتم فيها تسرب ما تم قذفه من ماء وتهوية مسام التربة بعدها أثناء الفترة التي يمتلئ فيها جهاز التنظيم .

لا يحتاج خزانات التحليل الصغيرة أجهزة تنظيم لتوزيع المياه الخارجة منها أما الخزانات الكبيرة فيفضل إلحاق مثل هذه الأجهزة بها نظراً لطول أنابيب التوزيع حيث يخشي عدم وصول المياه الخارجة منها بكميات قليلة ومتقطعة إلي الأجزاء البعيدة وتتسرب كل المياه من الأجزاء القريبة فيؤدي ذلك إلي تحميل الأجزاء القريبة من الخزان أكثر من طاقتها وينتهي الأمر بإمتلاء مسامها بالمواد الصلبة وتلوثها.

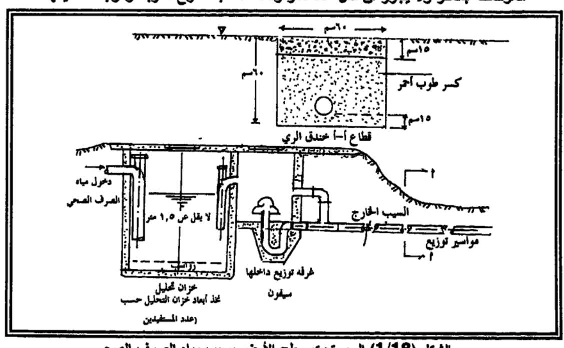
الشكل (1/17) يوضح تفاصيل أبعاد المواسير في حالة التربة المسامية.

الشكل (1/18) يوضح الري تحت سطح الأرض بسبب مياه الصرف الصحي.

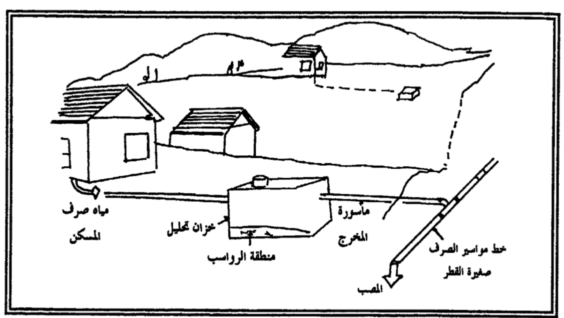


الشكل (1/17)

تفاصيل إبعاد مواسير التصريف المغطاة في حاله التربة ذات المسامية العالية الأبعاد الموضحة بالمتر ولا يجوز أن تقل عما ذكر وتختلف طبقاً لنوع التربة ودرجة نفاذيتها



الشكل (1/18) الري تحت سطح الأرض بسيب مياه الصرف الصحي

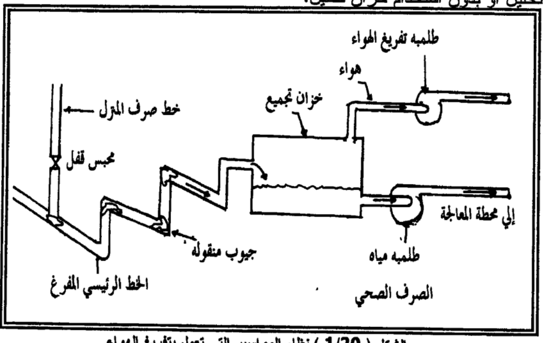


الشكل (1/19) نظام المواسير صغيرة القطر

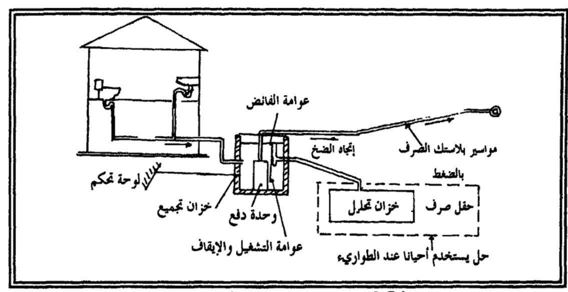
الشكل (1/19) يوضح صرف المياه من خزان التحليل إلي المصب بنظام المواسير صغيرة القطر.

شكل (1/20) يوضح نظام الصرف باستخدام المواسير التي تعمل بتفريغ الهواء

شكل (1/21) يوضح نظام الصرف باستخدام المواسير المضغوطة باستخدام خزان تحليل أو بدون استخدام خزان تحليل.



الشكل (1/20) نظام المواسير التي تعمل بتفريغ الهواء



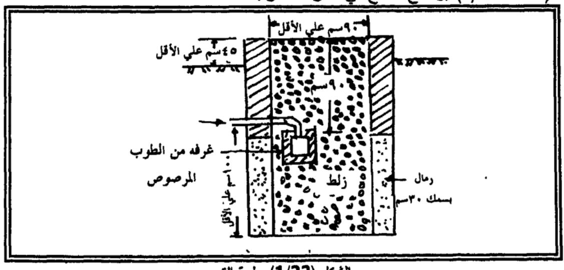
الشكل (1/21) نظام المواسير المضغوطة باستخدام خزان التحليل
أو بدون استخدام خزان التحليل

امتصاص مياه الصرف بواسطة التربة:

يتم امتصاص مياه الصرف بواسطة التربة بأحد الطرق الآتية :

1 حفرة التسرب Soakage Pit

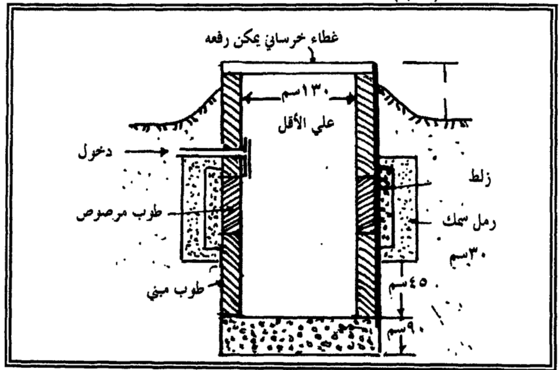
وهذه الحفرة دائرية بقطر أكثر من متر واحد وبعمق متر واحد أسفل ماسورة الدخول شكل (1/22) تبنى هذه الحفر من الطوب الجاف أو الأحجار وتملأ بكسر الطوب أو الزلط الحرش بقطر أكبر من 7.5 سم. في حالة الحفر الكبيرة يكون الجزء العلوي أقل في الأبعاد وذلك لتقليل مساحة الغطاء من الخرسانة المسلحة (الشكل 22 /1) يوضح مقطع في حفرة التسرب.



الشكل (1/22) حفرة التسرب

2ـ بيارة التسرب للمياه الخارجة من خزان التحليل :

تستخدم هذه الحفرة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل في التربة المحيطة. يكون قاع الحفرة مانع لنفاذ المياه حيث يتم حجز مياه الصرف والحمأة المترسبة بينما يكون الجزء العلوي مزود بوصلات مفتوحة حيث تخرج منها المياه الي التربة المحيطة. تكون الوصلات المفتوحة محاطة بطبقة من الزلط الفابر سمك 4 -5 سم ويكون سمك هذه الطبقة 15 سم، وتحاط هذه الطبقة الزلطية من الخارج بطبقة من الرمل الخشن بسمك 30 سم وذلك لحسن توزيع المياه في التربة المحيطة. الشكل (1/23).



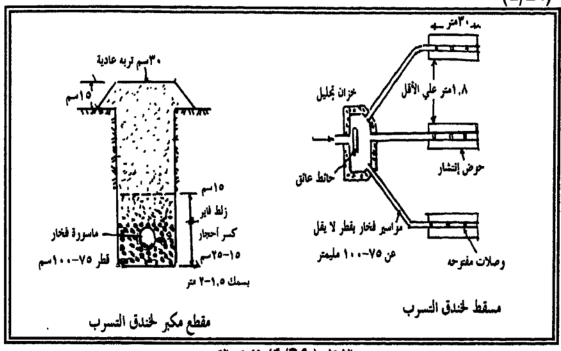
الشكل (1/23) بيارة تسرب

3- خندق التوزيع :

خندق التويزع يشبه إلي حد كبير نظام الري تحت سطح الأرض. تكون خنادق التوزيع بعمق من 50-100 سم وبعرض من 30-100 سم ويكون الحفر بميل بسيط ــ يملأ الخندق بالزلط المغسول بقطر 15-25 سم أو بكسر الأحجار. توضع في أسفل الخندق مواسير من الفخار الغير مزجج الغير متصلة أو مواسير خرسانية غير متصلة. لايزيد القطر الداخلي لهذه المواسير عن 75-100ملميتر.

كل خندق توزيع لا يزيد طوله عن 30 متر. يكون الفاصل بين خنادق التوزيع أكبر من 1.8 متر. تغطي المواسير بالزلط الفاير بسمك 15 سم فوقه طبقة من

الزلط المدرج حتي منسوب 15 سم فوق سطح الأرض كما هو موضح في الشكل (1/24).



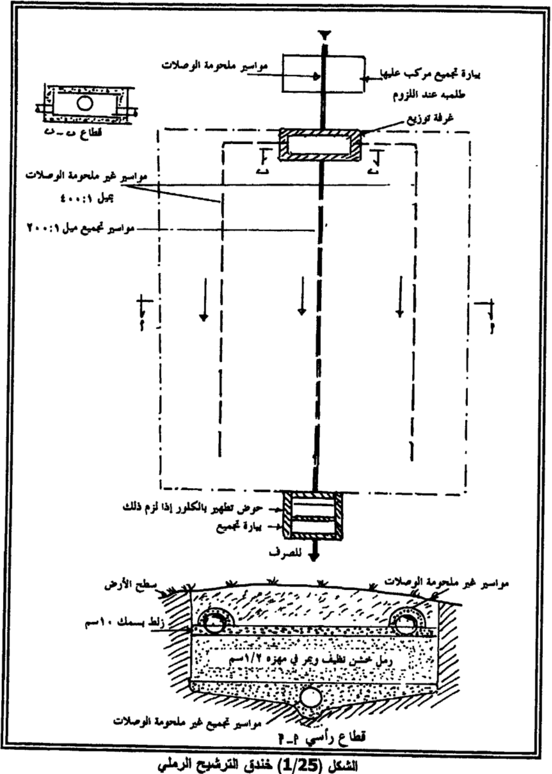
الشكل (**1/24**) خندق التسرب

تزداد كفاءة خنادق الترشيح بالبعد عن ظلال الأشجار والنباتات والأعشاب.

الجدول (1/12) يوضح مساحة التسرب لخنادق التسرب في مختلف أنواع التربة

نوع التربة	حالة الامتصاص للتربة	معدل امتصاص مياه الصرف م3/م2/اليوم	مساحة الامتصاصمن الخندق لضغط 45 لتر للفرد في اليوم بالمتر المربع	طول خندق التسرب بعرض 50سم بالمتر لكل فرد
طفييلية متوسطة	شبه صماء	0.02 إلي0.03	2.02-1.45	0.04إلي2.92
طفيلية مدمجة	صماء	أقل من0.023	أكثر من 2.0	أكثرمن 4.05
طفيلية رملية	ضعيفة	0.03إلي 0.07	0.65إلي1.45	0.65إلي2.9
رمال رفيعة	متوسطة	0.07 إلي 0.14	صفر إلي 0.05	0.65إلي1.35
رمال حرشة	جيدة	0.14 إلي 0.15	0.3 إلي 0.33	0.65إلي 0.66

الشكل (1/25) يوضح خنادق الترشيح الرملي لمياه الصرف من بيارة مركب عليها طلمبة عند اللزوم.



الشكل (1/25) خندق الترشيح الرملي

إنتاج البيوجاز من مخلفات الحيوانات والماشية :

معظم سكان القري تستفيد من روث البهائم في تجفيفه واستخدامه كوقود ولكن يصعب تنفيذ ذلك أحياناً في فصل الشتاء. في كثير من الحالات يستفاد بهذه المخلفات في إنتاج السماد الطبيعي (Manures) وفي حالات أخري يستفاد بهذه المخلفات في إنتاج الغاز (البيوجاز) .

الشكل (26) يوضح مقطع في جهاز إنتاج البيوجاز والذي يتكون من بئر في شكل خزان مستدير مقسم إلي قسمين بواسطة حائط فاصل وهو مغطي من أعلي بواسطة قبة أسطوانية حيث يتجمع الغاز. يوجد المدخل لدخول الروث والمخرج لخروج السماد الطبيعي وهو الحمأة الناتجة من التحلل .

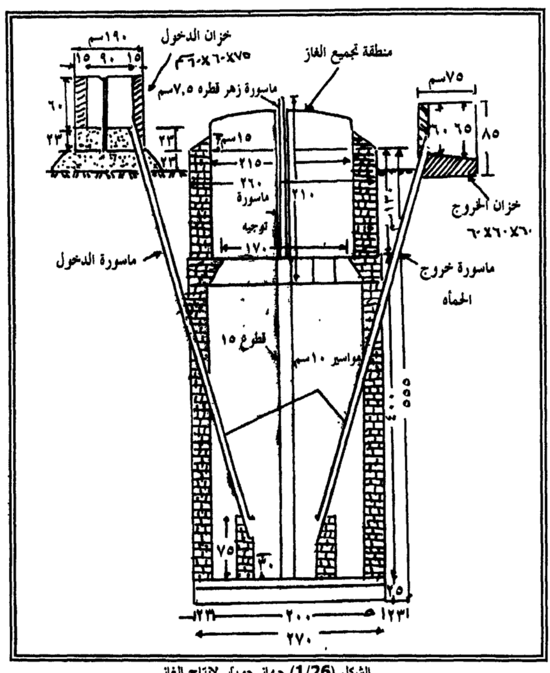
يتم تغذية الجهاز من مياه الصرف الصحي الخارجة من المراحيض أو من بيارة التجميع مباشرة من خلال خط مواسير إلي غرفة التحلل(التخمير)، بالنسبة لمخلفات روث البهائم يضاف الماء لتكوين مستحلب بتركيز 10% ، حيث يتم تغذية غرفة التحلل خلال ماسورة دخول الغاز الذي يتجمع في القبة الاسطوانية في أعلى الجهاز حيث يتم سحبه من خلال ماسورة سحب الغاز للاستخدام في المطابخ أو أي استخدامات أخري .

تختلف خصائص مخلفات الصرف الصحي عن مخلفات روث البهائم كما في الجدول (1/12). في حالة وجود 4- 5 قطعة ماشية يمكن استخدام الجهاز لإنتاج الغاز اللازم للاستخدام المنزلي بالإضافة إلى الحصول علي نوعية جيدة من السماد الطبيعي.

جدول (1/12) مقارنة لخواص الحمأة الآدمية وروث البهائم

الخواص	روث البهائم %	الحمأة الأدمية
مواد صلبة	25-18	15-11
نسبة الرطوبة	90-85	83-75
النيتروجين (N)	1.8 -1.4	5-3
الفوسفور (P_2O_5)	2-1	4.5-2.5
البوتاسيوم(K_2O)	1.2-0.8	2.0-0.7

نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الحمأة الآدمية والروث هي نفس النسبة في المادة الخام.

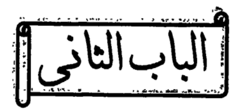


الشكل (1/26) جهاز جوبار لإنتاج الغاز

الفصل الثانى

خصائص مياه الصرف الصحى ونوعية المياه المعالجة

* مقدمة
* المعايير الهامة لمياه الصرف الصحى فى الاستخدام الزراعى
* الخطوط الارشادية لنوعية مياه الصرف لإستخدامها فى الزراعة
* الخطوط الارشادية لنوعية المياه لأقصى إنتاج محصولى



1. مقدمة :

في كثير من الدول حيث تزداد ندرة المياه وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة لجأ المخططون لأي مصدر للمياه الذي يمكن استغلاله بطريقة اقتصادية ومؤثرة لتحقيق التنمية وفي نفس الوقت مع الزيادة في عدد السكان بما يتطلب زيادة في الحاصلات الغذائية وإمكانية الري لرفع الإنتاجية الزراعية. ومستوي المعيشة للمجتمع الريفي أصبح معروفاً. الزراعة المروية تشغل17% من الأرض المزروعة في العالم ولكن إنتاجية هذه الأراضي تمثل 34% من الإنتاج العالمي. وهذا واضح في المناطق الجافة مثل منطقة الشرق الأدني من حيث 30% من الأرض المزروعة تكون مروية ولكنها تنتج 75% من إجمالي الإنتاج الزراعي. في هذه المنطقة يتم استيراد أكثر من 50% من الغذاء ومعدل الزيادة في احتياجات الغذاء تفوق معدل الزيادة في الإنتاج الزراعي.

عندما تكون المياه ذات النوعية الجيدة نادرة أو ليست بالقدر الكافي ، عندئذ يؤخذ في الاعتبار استخدام المياه ذات النوعية الحدية في الزراعة (Marginal Quality) أي ما أنفق عليها يساوي إنتاجيتها .

ولكن لا يوجد تعريف عام للمياه ذات النوعية الحدية، ولكنه من الناحية العملية يمكن ان يعرف بأنه الماء الذي له خصائص مسببة للمشاكل عند الاستخدام في غرض معين. فمثلا المياه المملحة أو ما تسمى بالمياه الخمضاء(Bra Kish Water) تعتبر مياه ذات نوعية حدية في الاستخدام في الزراعة يسبب الأملاح المذابة العالية ومياه الصرف الصحي هي مياه ذات نوعية حدية بسبب ما يتعلق بها من مخاطر علي الصحة العامة. من وجهة نظر الري باستخدام المياه ذات النوعية الحدية فإنه يتطلب إدارة معقدة ومتابعة قوية عن حالة استخدام المياه الجيدة.

في هذه الدراسة نستعرض استخدام مياه الصرف الصحي في الزارعة ونعني به مياه الصرف المنزلي والذي قد يحتوي نسبة من مياه الصرف الصناعي التي يلقي بها في شبكات الصرف الصحي. إن التخطيط الجيد لاستخدام مياه الصرف الصحي يخفف من مشاكل تلوث المياه السطحية ولا يحافظ فقط علي الموارد المائية الجيدة ولكن يفيد في استغلال مياه الصرف الصحي لنمو المحاصيل. المحتوي من نيتروجين والفوسفور في مياه الصرف الصحي قد يقلل أو يلغي الحاجة إلي الأسمدة التجارية.

من المهم الأخذ في الاعتبار إعادة استخدام المياه المعالجة في نفس الوقت عند التخطيط للتجميع والمعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحي وذلك لتعظيم الاستفادة من النقل والمعالجة. حيث أن تقنيات المعالجة للصرف علي المسطحات المائية قد لا تكون مناسبة لاستخدام هذه المياه المعالجة في الزراعة.

كثير من الدول تضمنت إعادة استخدام مياه الصرف ضمن خطط استغلال الموارد المائية في الولايات المتحدة واستراليا استغلت استخدام مياه الصرف في زراعة المساحات الصحراوية. في الصين يزرع حتي الآن حوالي 1.33 مليون هكتار (3.17 مليون فدان) باستخدام مياه الصرف الصحي المعالج . وفي الأردن والسعودية توجد خطة قومية لإعادة الاستخدام مياه الصرف وتحققت نجاحات في هذا المجال.

لقد أصبح استخدام مياه الصرف في الزراعة مقبولا من الناحية الزراعية والاقتصادية ولكن يلزم الحرص من الآثار البيئية والصحية الضارة. وستوضح في المثال التالي الفوائد من الناحية الاقتصادية وكذلك من وجهة نظر الهندسة الزراعية (AGRONOMIC) في الري.

المثال :

مدينة تعدادها نصف مليون نسمة، معدل استهلاك الفرد اليومي من المياه 100 لتر حوالي 42.500 متر مكعب في اليوم (15 مليون متر مكعب في العام) في حالة استخدام مياه الصرف المعالج بحرص في الري بمعدل 5000 متر مكعب للهكتار في العام (2100 متر مكعب للفدان في العام) يمكن ري مساحة 3000 هكتار (1260فدان) بالإضافة إليً العائد الاقتصادي للمياه فإن القيمة السمادية لها أهمية بالنسبة لمتوسط التركيز من عناصر الغذاء للنبات في مياه الصرف المعالج بالطرق التقليدية هي :

النيتروجين (N)- 50 ملجرام / لتر

الفوسفور (P)- 10 ملجرام / لتر

البوتاسيوم (K)- 30 ملجرام / لتر

وبفرض معدل استخدام المياه 5000 متر مكعب للهكتار في العام (2100متر مكعب للفدان في العام) فإن الإسهامات السمادية لمياه الصرف المعالج ستكون.

النيتروجين (N)- 250 كجم/هكتار في العام (105 كيلو جرام/الفدان في العام)

الفوسفور (P)- 50 كجم/هكتار في العام (21 كيلو جرام/الفدان في العام)

البوتاسيوم (K)- 150 كجم/هكتار في العام(12.6كيلو جرام/الفدان في العام)

خصائص مياه الصرف الصحي :

مياه الصرف الصحي تتكون أساسا من 99.9 % ماء مع تركيزات صغيرة نسبياً من المواد الصلبة العضوية، الغير عضوية العالقة والمذابة. من بين المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري الشحوم، الكربوهيدرات، اللجنين والصابون، والمنظفات الصناعية

والبروتينات ونواتج التحلل لهذه المواد بالإضافة إلي المواد العضوية المخلقة من العمليات الصناعية.

الجدول (2/1) يوضح تركيز معظم المكونات في مياه الصرف الصحي ما بين العالي والمتوسط والضعيف. في البلاد الجافة وشبه الجافة يكون استخدام المياه منخفض إلي حدٍ ما بما يجعل مياه الصرف ذات تركيز عالي كما في الجدول (2/2) بالنسبة لعمان في الأردن حيث معدل استهلاك المياه90 لتر في اليوم للفرد.

تحتوي مياه الصرف الصحي كذلك بعض المواد الغير عضوية من مصادر صناعية أو منزلية كما فى حالة الاسكندرية والجيزة (جدول 2/3) وهذه تشمل عناصر سامة مثل الزرنيخ والكادميوم والكروم، النحاس، الرصاص، الزئبق، الزنك .. الخ حتي وإن كانت هذه المواد السامة ليست بالتركيز المؤثر علي صحة الإنسان، فإنه يمكن أن تكون علي المستوي الذي يسبب سمية للنبات (-Photo toxic Levels) بما يحد من استخدام هذه المياه في الزراعة .

ولكن من الناحية الصحية فإن الملوثات التي يعطي لها اهتمام خاص عند استخدام مياه الصرف في الزراعة هي الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens) وهذه تشمل الفيروسات والبكتريا، البروتوزواء الديدان في مياه الصرف الصحي بالنسبة الموضحة في الجدول رقم (2/4) والتي تعيش في هذه البيئة لمدد طويلة كما هو موضح في الجدول (2/5). البكتريا الممرضة (Pathogenis Bacteria) تكون موجودة في مياه الصرف بنسب أقل كثيراً من بكتريا الكوليفورم والتي يكون من السهل التعرف عليها وعدها مقيمة باكلوليفورم الكلي لكل 100سم^3 من مياه الصرف والشريجية القولونية (Escherichia Coli) هي أكثر المؤشرات المستخدمة بالنسبة للتلوث الغائطي ويمكن كذلك عزلها والتعرف عليها بسهولة حيث يتم العد في شكل الكليفروم الغائطي (Faecal Coliform) لكل 100سم^3 من مياه الصرف.

جدول (1 /2) المكونات الرئيسية لمياه الصرف الصحي

المكونات	المكونات ملجرام / لتر		
	عالي	متوسط	منخفض
الأملاح الكلية	1200	700	350
الأملاح الكلية المذابة	850	500	250
المواد الصلبة العالقة	350	200	100
النيتروجين(N)	85	40	20
الفوسفور (P)	20	10	6
الكلوريد	100	50	30
القلوية (as $CaCO_3$)	200	100	50
الشحوم	150	100	50
كمية BOD_5	300	200	100

BOD_5 Biochemical oxygen Demand : هو الأكسجين اللازم للتحلل البيولوجي للمواد العضوية عند درجة حرارة 20م خلال خمسة أيام ويعتبر قياس للمواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي (Bio degradable) في مياه الصرف الصحي.

جدول (2/2) متوسط يحتوي مياه الصرف الصحي في مدينة عمان بالأردن

المكونات	التركيز ملجرام/لتر	المكونات	التركيز ملجرام/لتر
المواد صلبة مذابة	1170	كبريتات ($as\ SO_4$)	90
المواد صلبة العالقة	900	BOD_5	770
نيتروجين(N)	150	COD	1830
فوسفور (P)	25	TOC	230
قلوية($as\ CaCO_3$)	850	* COD هو المطالب من الأكسجين الكيميائي * TOC هو إجمالي الكربون العضوي.	

جدول (3 /2) المكونات الكيماوية لمياه الصرف الصحي في الإسكندرية والجيزة

المكونات		الاسكندرية		الجيزة	
		الوحدات	التركيز	الوحدات	التركيز
الرقم الهيدروجين	PH		7.8		7.1
	SAR		9.3		2.8
أيون الصوديوم	Na^+	مليمكافئ/ لتر	24.6	ملجرام /لتر	205
أيون الكالسيوم	Ca^+	مليمكافئ/ لتر	1.5	ملجرام /لتر	128
المغنسيوم	Mg	مليمكافئ/ لتر	3.2	ملجرام /لتر	96
بوتاسيوم	K^+	مليمكافئ/ لتر	1.8	ملجرام /لتر	35
كلوريد	CL^-	مليمكافئ/ لتر	62	ملجرام /لتر	320
كبريتات	So_4^{2+}	مليمكافئ/ لتر	35	ملجرام /لتر	138
كربونات	Co_3	مليمكافئ/ لتر	1.1		
بيكربونات	Hco_3	مليمكافئ/ لتر	6.6		
أمونيا	NH_4	ملجرام /لتر	2.5		
نترات	No_3	ملجرام /لتر	10.1		
فوسفور	P	ملجرام /لتر	8.5		
منجنيز	Mm	ملجرام /لتر	0.2	ملجرام /لتر	0.7
نحاس	Cu	ملجرام /لتر	1.1	ملجرام /لتر	0.4
زنك	Zn	ملجرام /لتر	0.8	ملجرام /لتر	1.4

جدول (2/4) المستويات المحتملة للكائنات الممرضة فى مياه الصرف الصحى

نوع الكائنات الحية الدقيقة	التركيز المحتمل فى اللتر فى مياه الصرف الصحى
فيروسات	5000
بكتريا – إى – كولاى	؟
سلمونيلا	7000
يشجيلا	7000
فيبروكوليرا	1000
البروتوزوا (انتاميبا هستولوتيكا)	4500
ديدان (اسكارس)	600
تينيا	10
أنواع أخرى	152

جدول (2/5) زمن البقاء للكائنات الممرضة

نوع الكائنات الممرضة	زمن البقاء باليوم			
	في السماد من المخلفات الأدمية والحمأة	في المياه العذبة ومياه الصرف	في التربة	علي المحاصيل
* الفيروسات	100-20	120-50	100-20	60-15
*البكتريا				
الكولينروم الغائطي				
سلامونيلا	90-50	60-30	70-20	30-15
شيجيلا	60-30	60-30	70-20	30-15
فيبروكوليرا	30-5	30-10	-	10-5
*البروتوزوا	30-15	30-15	200-10	10-2
حويصلات انتاميبا هستوليتكيا	30-15	30-15	20-10	10-2
*الديدان	شهور	شهور	شهور	60-30
بيضات الاسكارس	كثيرة	كثيرة	كثيرة	

2. المعايير الهامة لنوعية مياه الصرف في الاستخدام الزراعي

المعايير ذات التاثير علي الصحة العامة :

توجد الكيماويات العضوية عادة في مياه الصرف الصحي بتركيزات قليلة جداً والأثر الصحي لهذه الملوثات يتمثل في حالة اختلاطها بمياه الشرب مع عدم الوعي

الكامل لعمال الزراعة بهذه المخاطر. أما الأثر الصحي الرئيسي المتعلق بالمكونات الكيماوية في مياه الصرف يكون نتيجة تلوث المحاصيل أو تلوث المياه الجوفية بالملوثات من المعادن الثقيلة التي تتراكم وتسبب سمية وأمراض مزمنة والكيماويات العضوية المسرطنة. بالنسبة لاحتمالات تراكم عناصر سامة معينة في النبات (مثل الكادميوم والسلينيوم) فإن المدخلات من هذه العناصر نتيجة تناول المحاصيل التي رويت بمياه الصرف يجب تقييمها بحرص شديد.

بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض المعدية فقد ثبت وجودها في مياه الصرف الصحي الخام الغير معالج والذي تروي به الخضروات التي تؤكل طازجة ومن هذه الأمراض الكوليرا، الدوسنتاريا والتينيا والالتهاب الكبدي .. الخ وذلك في حالة وجود إفرازات للحاملين لهذه الأمراض في مياه الصرف الصحي.

المعايير الهامة من الناحية الزراعية:

تعتبر نوعية مياه الري ذات أهمية خاصة فالمناطق الجافة حيث يوجد فرق كبير في درجات الحرارة وانخفاض نسبي في الرطوبة بما يسبب معدل عالي للبخر والذي ينتج عنه ترسيب للأملاح التي تتراكم في التربة. الخواص الطبيعية والميكانيكية للتربة مثل تفكك الحبيبات، مكونات التربة، ثبات التربة الركامية وكذلك النفاذية تعتبر حساسة جدا لطبيعة ونوع الأيونات في مياه الري التي يمكن أن يحدث لها تبادل مع أيونات الأملاح في التربة. لذلك عند التخطيط لاستخدام مياه الصرف المعالج يلزم الأخذ في الاعتبار عدة عوامل خاصة بنوع التربة.

عامل آخر له علاقة بالزراعة وهو تأثير الأملاح الكلية المذابة في مياه الصرف عند استخدامها في الري علي نمو النباتات. الأملاح المذابة تزيد من الطاقة الأسموزية لمياه التربة وزيادة الضغط الأسموزي في محلول التربة يزيد من الطاقة التي يبعثها النبات لأخذ الماء من التربة. نتيجة لذلك يزداد التنفس وينخفض نمو وإنتاجية معظم النباتات مع زيادة الضغط الأسموزي هذا بالإضافة إلى حساسية بعض النباتات للسمية لوجود أيونات معينة.

كثير من الأيونات التي لا تضر بل قد تكو مفيدة عند تركيزات قليلة قد تكون سامة للنبات عند التركيز العالي وذلك إما خلال التدخل المباشر خلال عمليات التغيرات الكيميائية في الخلايا الحية لتعويض الفاقد (Metabolism) أو خلال التأثيرات الغير مباشر علي الغذاء الذي قد يصبح غير ممكن امتصاصه بواسطة النبات.

في تقرير نمو زراعة الأرز بالمياه الملوثة (Morishita 1985) بالمواد النيتروجينية أظهر عدم نضج النبات مع زيادة التعرض للآفات والأمراض الزراعية، وكذلك أفاد التقرير أن التربة الغير ملوثة المحتويه علي 0.4 إلي 0.5 جزء في المليون من الكاديميوم تنتج أرزبة 0.08 جزء في المليون كادميوم والتربة المحتويه علي 0.82 إلي 1.25 أو 2.1 جزء في المليون كادميوم لديها القدرة علي إنتاج أرز شعيرعالي التلوث بنسبة 1.0 جزء في المليون من الكادميوم.

2.1 جزء في المليون كادميوم لديها القدرة علي إنتاج أرز شعيرعالي التلوث بنسبة 1.0 جزء في المليون من الكادميوم.

المعايير الهامة لياه الري تشمل عدداً من الصفات المعينة للماء ذات العلاقة بالإنتاجية ونوع المحاصيل والمحافظة علي إنتاجية التربة مع الحفاظ علي البيئة. الجدول (2/6) يوضح بيان الخصائص الكيميائية والطبيعية الهامة المستخدمة في تقييم نوعية الماء في الزارعة.

جدول (2/6) الخواص الكيميائية

والطبيعية الهامة لتقيم نوعية المياه في الزراعة:

الخاصية	الوحدات	الرمز
الطبيعية		
الأملاح الكلية المذابة	ملجرام / لتر	TDS
درجة الحرارة	درجة مئوية	C°T
اللون /العكارة	NTV (وحدة نيفيلومترى) أو JTV (وحده جاكسون) للعكارة	NTV / JTV
العسر	مليجرام مكافئ كربونات الكالسيوم	M g equivalent $CaCO_3$ /L
الرواسب	جرام / لتر	gram / L
الكيميائية		
الحموضة / القلوية	الرقم الهيدروجيني	Ph Value
الكالسيوم	المكافئ بالمليجرام / لتر	Ca ++
المغنسيوم	المكافئ بالمليجرام / لتر	Mg++
الصوديوم	المكافئ بالمليجرام / لتر	Na^+
الكربونات	المكافئ بالمليجرام / لتر	CO_3
البيكربونات	المكافئ بالمليجرام / لتر	HCO_3
الكلوريد	المكافئ بالمليجرام / لتر	CL^-
الكبريتات	المكافئ بالمليجرام / لتر	SO_4^-
نسبة امتصاص الصوديوم	SAR	Soduim Adsorbtion Ratio
اليورون	ملجرام / لتر	B
أثار للعناصر المعدنية	ملجرام / لتر	
معادن ثقيلة	ملجرام / لتر	
النترات ــ نيتروجين	ملجرام / لتر	No_3 –N
الفوسفات ــ الفوسفور	ملجرام / لتر	Po_4 –P
البوتاسيوم	ملجرام / لتر	K
التوصيل الكهربي	ملجرام / لتر ds/m	ECw

1 m moh / cm ـــ مكافئ لـ decisiemens / meter = ds /m*

* ملجرام / لتر = جزء في المليون = 640 × EC بوحدات ds/m

* لتحويل المكافئ بالمليجرام / لتر إلي ملجرام / لتر أو جزء في المليون الجدول رقم (7).

أ- التركيز الكلي للأملاح المذابة :

الأملاح الكلية المذابة هي من أهم معايير مياه الري. ذلك أن ملوحة مياه التربة تتحدد طبقاً لملوحة مياه الري. لذلك فإن نمو النبات والإنتاج المحصولي ونوعية المحاصيل تتأثر بالأملاح الكلية المذابة في مياه الري. كذلك معدل تراكم الأملاح في التربة أو ملوحة التربة تتأثر بملوحة مياه الري. يعبر عن التركيز الكلي للأملاح بالمليجرام في اللتر أو بالجزء في المليون.

ب- التوصيل الكهربي :

يستخدم التوصيل الكهربي لمعرفة المكونات الايونية في الماء وهي تعتبر طريقة مناسبة وسريعة. يزداد التوصيل الكهربي للمحلول بنسبة 2% لكل زيادة في درجة الحرارة . الرمز EC_w يستخدم لمعرفة التوصيل الكهربي لمياه الري والرمز EC_s للتوصيل الكهربي لمحلول التربة المشبعة. وحدات التوصيل الكهربي هي (ds/m).

ج-نسبة امتصاص الصوديوم Soduim Adsorbtion Ratio SAR :

الصوديوم هو الكاتأيون الوحيد الذي يؤثر علي التربة فعند وجوده في التربة في الشكل الذي يسمح بالتبادل فإنه يسبب تغيرات كيميائية ــ طبيعية في التربة، وخاصة بالنسبة لتماسك التربة حيث أن القدرة لتشتت التربة عند وجوده بنسبة معينة لها علاقة بالأملاح المذابة .

تشتت التربة ينتج عنه انخفاض معدل الترشيح والتسرب للمياه والهواء في التربة. وعند الجفاف فإن التربة المشتتة تشكل قشور يصعب حرثها (hard to till) وتتداخل مع الانبات وظهور البذور. مياه الري يمكن أن تكون مصدر لزيادة الصوديوم في محلول التربة وبذا يتم تقييمه نظراً لمخاطرة. المخطط الذي يعتمد عليه بالنسبة لمخاطر الصوديوم في مياه الري هو نسبة امتصاص الصوديوم (SAR – Sodium Adsorbtion Ratio)، وهو يعرف بالمعادلة التالية:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

حيث التركيز الأيوني يعبر عنه بالملميكا فيء / لتر .

الشكل (2/27) يوضح مخطط لتعيين قيمة (SAR) لمياه الري. يظهر في المخطط بيان لنسبة تبادل الصويوم(Exchangeable Sodium Percentage–ESP)

لتقدير قيمة (ESP) للتربة التي في حالة إتزان مع مياه الري باستخدام هذا المخطط لقيمة معلومة لـــ SAR في الظروف الحقلية .

حقيقة ESP يمكن أن تكون أكبر قليلاً عن قيمة الإتزان المقرر نظراً لأن التركيز الكلي لأملاح محلول التربة يزداد بالبخر ونتح النبات، والذي ينتج عنه زيادة SAR وبالتالي زيادة ESP. يجب ملاحظة أن قيمة SAR لا تأخذ في الاعتبار التغيرات لأيون الكالسيوم في مياه التربة نظرا للتغير في إذابة الكالسيوم الناتج عن الترسيب أو الإذابة أثناء الري أو بعده. ولكن قيمة SAR تعتبر طريقة مقبولة للتقييم لمعظم مياه الري. يرجع الترسيب أو الإذابة لأيون الكالسيوم لوجود ثاني أكسيد الكربون أو أيون البيكربونات أو الأملاح الكلية المذابة في الماء .

د- الأيونات السامة :

مياه الري المحتوية علي أيونات معينة بتركيز أعلي عن حد معين يمكن أن يسبب مشاكل سمية للنبات والتي يترتب عليها ضعف نمو النبات وضعف الإنتاجية للمحصول وتغير في شكل النبات وحتي موته. وتتوقف درجة التلف علي المحصول، مراحل نموه، تركيز الأيونات السامة الظروف المناخية وظروف التربة. أكثر الأيونات سمية للنبات التي قد تكون موجودة في مياه الصرف الخام او المعالج في تركيزات مسببة للسمية هي البورون (B) الكلور (CL^-) والصوديوم (Na^+) ولذلك فإن تركيز هذه الأيونات يلزم تعيينه لتقييم مناسبة نوعية مياه الصرف للاستخدام في الزراعة.

هـــ- العناصر ذات التركيز المنخفض جداً (Trace Elements)

والعناصر الثقيلة (Heavy Metals).

يوجد عدد من العناصر عادة بتركيزات منخفضة نسبياً أقل من عدة ملجرامات في اللتر في مياه الري العادية وهي تسمي(Trace Elements). هذه العناصر لا تشملها التحاليل الروتينية لمياه الري، ولكن يلزم الاهتمام بهذه العناصر عند استخدام مياه الصرف وخاصة عند احتمال التلوث بمياه الصرف الصناعي وهذه تشمل الألومينوم(Al)،البريليوم(Be) الكوبالت(Co)، الفلوريد(F)، الحديد(Fe)، الليثيوم (Li)،المنجنيز(Mn) المولبدينوم (Mo)، السيلينيوم (Se)، القصدير (Sn) التيتانيوم (Ti) التنجستين (W) ، الفاناديوم (V) المعادن الثقيلة مجموعة خاصة من العناصر ذات التركيز المنخفض التى أظهرت تأثيرات صحية خطيرة عند أخذ النبات لها. ومن هذه المعادن الثقيلة الزرنيخ(As)، الكاديوم(Cd)، الكروم(Cr)النحاس(Cu)، الرصاص(Pb)، الزئبق (Hg)، الزنك. وهذه تسمي معادن ثقيلة لأنها في الشكل المعدني تكون كثافتها أكبر من 4جرام / سنتمتر المكعب.

و- الرقم الهيدروجيني PH Value :

الرقم الهيدروجيني هو مؤشر لحموضة وقلوية المياه ولكنها ليست مشكلة في حد ذاتها. المجال المناسب للرقم الهيدروجيني لمياه الري هو 6.5 – 8.4 وخارج هذا المجال لا تعتبر المياه مناسبة للري. ويعتبر قياس الرقم الهيدروجيني عمل روتيني عند تقييم المياه للري.

جدول (2/7) معاملات التحويل الكيميائية

المكونات		مكافئ جزئ في المليون (إلي ملجرام / لتر
الكالسيوم	(Ca^{++})	20.4
المغنسيوم	(Mg^{+})	12.16
الصوديوم	(Na^{+})	23.0
البيكربونات	(HCO_3)	81.05
الكربونات	(CO_3)	30.0
الكلوريد		35.46
الكبريتات		48.04

3. الخطوط الإرشادية لنوعية مياه الصرف لاستخدامها في الزراعة :

1- مقدمة :

تشمل الاجراءات الوقائية للصحة التي يمكن تطبيقها عند استخدام مياه الصرف في الزراعة الأتي منفرداً أو مجموعاً.

* معالجة مياه الصرف .
* السيطرة والتحكم في استخدام مياه الصرف.
* التحكم في التعرض المباشرة والعناية بالصحة الوقائية.
* حصر الحاصلات الزراعية.

يمكن تطبيق طرق مختلفة للحماية من التعرض لكل من هذه الحالات ونعني بها حماية عمال الزراعة حيث يلزم لبس ملابس واقية وإعطاء تحصين ضد أنواع من العدوي. كما يخطر المستهلك بأهمية تجنب مخاطر هذه الحاصلات بغليها في الماء (طبخها) قبل استخدامها. كما يخطر الأهالي باستخدام مياه الصرف في الزراعة وذلك لتجنبهم لهذه المساحات وكذلك أطفالهم وإن كان لا يوجد خطر علي القاطنين قرب هذه الزراعات .

كذلك يحظر استخدام الري بالرش علي مسافة تقل عن 100 متر من المساكن أو الطرق. كما يحظر استخدام الأهالي لهذه المياه في الشرب أو أي استخدامات أخري مصادفة أو في حالة عدم وجود بديل. كل قنوات مياه الصرف والمواسير يجب أن تعلم ويفضل أن تدهن بلون مميز وكلما أمكن تصمم وصلات الخروج لمنع سوء الاستخدام.

2- الخطوط الإرشادية للوقاية الصحية من المياه المعالجة:

الجدول (8) الخطوط الإرشادية للنوعية الميكروبية لمياه الصرف في الزراعة

المجموعة	حالة إعادة استخدام المياه	المجموعة المعرضة	الديدان المعوية عدد البويضات في اللتر	العدد الكلي للكوليفورم الغائطي. متوسط العدد في 100سم3	معالجة مياه الصرف المتوقع لحقيق النوعية الميكروبية المطلوبة للمياه
أ	ري المحاصيل التي تؤكل نيئة، الملاعب الأماكن العامة	العمال عامة المستهكلين	≥ 1	≥ 1000	عدة أحواض تثبيت او معالجة مماثلة لتوفير نفس الخواص المطلوبة للمياه
ب	ري المحاصيل من الحبوب، الصناعية علف الماشية أعشاب المراعي الأشجار	العمال	≥ 1	لا يوجد معيار	المكث في أحواض التثبيت لمدة 8-10 يوم او حتي القضاء عيل الديدان والكلويفورم
جـ	للمحاصيل في (ب) في حالة عدم التعرض للعمال أو المواطنين	لا يوجد	--	-	المعالجة المسبقة لإمكان الري بما لا تقل عن المعالجة الأولي بالترسيب.

في المجموعة (ب) في حالة أشجار الفاكهة يتوقف الري قبل قطف الثمار بأسبوعين ولا يستخدم الري بالرش ولا تؤخذ ثمار من علي الأرض.

جدول (2/9) لتقييم نوعية المياه لاستخدامها في الري

مشاكل الري الرئيسية	الوحدات	درجة الحذر من الاستخدام		
		لا يوجد	قليل إلي متوسط	شديد
* الملوحة الأملاح الكلية المذابة	ملجرام/لتر	450>	2000–450	2000>
التوصيل الكهربي(EC)	DS/M	0.7 >	3 -0.7	3 <
* تسرب المياه				
SAR- صفر -3	=ECW	0.7 <	0.2–0.7	0.2>
من 6–3		1.2 <	0.3 -1.2	0.3 >
من 12–6		1.9<	0.5–1.9	0.5 >
من 20–12		2.9<	1.3–2.9	1.3 >
من 40–20		5.0<	2.9–5	2.9>
* سمية أيون محدد				
الصوديوم (Na)				
ري سطحي	SAR	3 >	9–3	9 <
ري بالرش	مليمكافىء / لتر	3 >	3 <	
* الكلوريد (CL)				
ري سطحي	مليمكافىء / لتر	4 >	10–4	10<
ري بالرش	متوسط نسبة الادمصاص الصوديوم	3 >	32	
بورون B	ملجرام في / لتر	0.7>	3–0.7	3.00 <
عناصر بتركيزات منخفضة	جدول (10)			
*آثار ثانوية				
* النيتروجين ($N- NO^3$)				
*بيكربونات (HCO_3)				
الرقم الهيدروجيني(PH)		المدي العادي 6.5 -8.4		

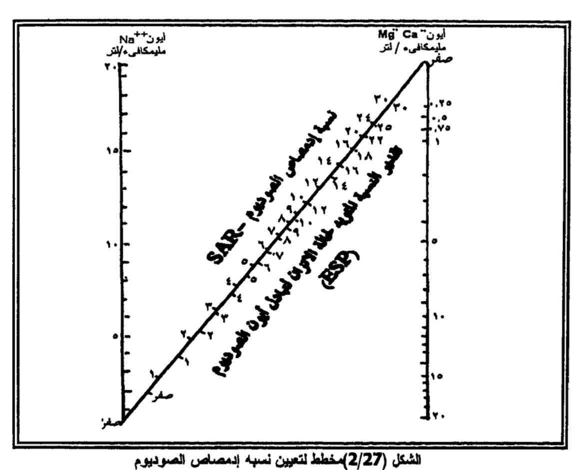
الخطوط الإرشادية لنوعية المياه لأقصي إنتاج محصولي :

تقسم مياه الري إلى نوعيات مختلفة لارشادات المستخدم عن المزايا والمشاكل المصاحبة لاستخدامها ولتحقيق أقصي انتاج محصولي. تقسيم نوعية المياه هو فقط خطوط إرشادية ويمكن التحكم في استعمالاتها طبقاً للظروف الحقلية السائدة ذلك لأن ظروف استخدام المياه فى الرى معقدة جداً ويصعب توقعاتها وتتوقف ملاءمة المياه للري علي الظروف المناخية. الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة، التجاوز في الملوحة لنمو المحصول وعمليات التحكم . ولهذا فإن عملية تقسيم المياه للري تكون دائماً عامة وقابلة للاستخدام في الظروف الملائمة لذلك .

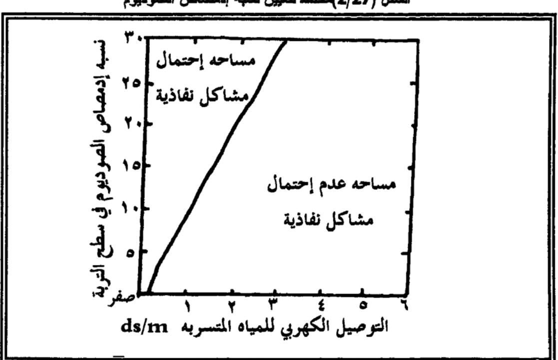
الجدول (2/9) يوضح تقسيم مياه الري إلي ثلاث مجموعات طبقاً للملوحة وتأثير الصوديوم والسمية ومخاطر أخري. تأثير أيون الصوديوم في مياه الري في تقليل معدل التسرب ونفاذية التربة يتوقف علي تركيز أيون الصوديوم بالنسبة لتركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم (كما هو موضح في(SAR) .

وكذلك التركيز الكلى للأملاح المخطط شكل (28) يوضح أنه بالنسبة لقيمة معطاه لـــ(SAR) فإن الزيادة في الأملاح الكلية المذابة قد تزيد من نفاذية التربة هذا يوضح أن مشاكل نفاذية التربة (شاملة معدل التسرب والقشور السطحية) يسبب الصوديوم في مياه الري لا يمكن التنبؤ بها بدون الأملاح المذابة في مياه الري أو في الطبقة السطحية للتربة.

مياه الصرف الصحي المعالج قد تحتوي على عدد من العناصر السامة، بما فيها المعادن الثقيلة من الصرف الصناعي في شبكات الصرف الصحي هذه العناصر السامة تكون موجودة بكميات صغيرة ولذلك تسمي (Trace Elements) بعض منها يزال أثناء عملية المغالجة وبعضها يستمر. ويمكن أن يسبب مشاكل سمية للنبات. لذلك يجب مراجعة مياه الصرف الصحي المعالج نحو وجود العناصر منخفضة التركيز ومشاكل السمية وخاصة عندما تكون هذه العناصر عالقة وليست مذابة (الجدول 10) حدود السمية للنبات لبعض العناصر منخفضة الوجود (Trace Elements).



الشكل (2/27)مخطط لتعيين نسبه إدمصاص الصوديوم



الشكل (2/28) حدود قيم نسبة إدمصاص الصوديوم والتركيز الكلي للأملاح على مشاكل نفاذية التربة

جدول (2/10) حدود مستويات العناصر الشحيحة (Trace Elements) لإنتاج المحاصيل :

م	العنصر	أقصي تركيز يوصي به ملجرام / لتر	ملاحظات
	الألومنيوم(AL)	5	يخفض الإنتاجية في التربة الحامضية (< 5.5 للرقم الهيدروجيني) ولكن التربة الأكثر قلوية (حيث الرقم الهيدروجيني اكبر من 7) ، يرسب الأيون ويلغى السمية.
	الزرنيخ (As)	0.1	السمية للنبات تختلف حيث تتراوح ما بين 12مليجرام / لتر للحشائش السودانية الي 0.05 مليجرام / لتر للأرز
	البريليوم (Be)	0.01	السمية للنبات تختلف كثيرا ، حيث تتراوح ما بين 5 مليجرام لتر للفت والكرنب الي 0.5 ملجرام / لتر لنبات الفاصوليا / اللوبيا ، الفول.
	الكادميوم (Cd)	0.01	سام لنبات الفول ، الفاصوليا والبنجر واللفت عند تركيزات منخفضة 0.1 ملجرام / لتر في محلول غذائي. حدود الحماية من التراكم في النبات والتربة هي التركيزات التي تكون ضارة للإنسان
	الكوبالت (Co)	0.05	سام لنبات الطماطم في التربة حيث المحلول الغذائي. يتوقف نشاطه في التربة المتعادلة والقلوية.
	الكروم (Cr)	0.1	ليس له أثر علي نمو النبات حدود السمية للنبات غير معروفة .
	النحاس (Cu)	0.2	سام لعدد من النباتات بتركيز من 0.1 إلى 1 مليجرام / لتر في محلول غذائي.
	الفلوريد (F)	1.0	لا نشاط له في التربة المتعادلة والقلوية
	الحديد (Fe)	5.0	غير سام للنباتات في التربة المهواه، ولكن يمكن أن يسبب حموضة للتربة

وفقد في الحصول علي الفوسفور والموليدينوم . الرى بالرش يمكن أن يسبب رواسب علي النبات والمعدات والمنشآت			
التجاوز لمعظم الحاصلات حتي 5 ملجرام / لتر. سام للموالح عند تركيز أقل منخفض حتي 0.075 ملجرام / لتر. يعمل مثل البورون.	2.5	الليثيوم (Li)	
سام لعدد من النباتات في التربة الحامضية عادة بتركيزات من عدد من المليجرامات في اللتر إلي أجزاء من المليجرام في اللتر	0.2	المنجنيز (Mn)	
غير سام للنبات بتركيزات عادية في الماء والتربة. يمكن أن يكون سام للدواجن والمواشي في حالة نمو العلف في تربة ذات تركيز عالي.	0.01	الموليدنيوم (Mo)	
سام لعدد من النباتات عند 0.5 ملجيرام / لتر تنخفض السمية عند رقم هيدروجيني قلوي أو متعادل.	0.2	النيكل (Ni)	
سام للنبات عند تركيز 0.25 ملجرام / لتر. وسام العلف المواشي والدواجن في حالة نمو نبات العلف في تربة بها تركيزات عالية .		السيلينيوم (Se)	
		القصدير (Sn)	
يلفظه النبات		التيتانيوم (Ti)	
		التنجستم (W)	
سام لعدد كبير من النباتات عند تركيزات منخفضة	0.1	الفانديوم (V)	
سام لنباتات كثيرة بتركيزات مختلفة تنخفض السمية عند رقم هيدروجينى أكبر من (6)، فى التربة الناعمة والعضوية.	2.0	الزنك (Zn)	

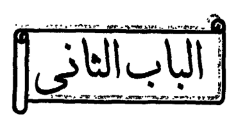
الفصل الثالث

طرق معالجة مياه الصرف الصحى التقليدية والغير تقليدية

*مقدمة

*عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى

*المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف الصحى



1. مقدمة :

الهدف الرئيسي من معالجة مياه الصرف الصحى هو السماح بصرف المخلفات الأدمية وإلي درجة ما المخلفات الصناعية بدون خطورة علي الصحة العامة إلي البيئة الطبيعية. الري بمياه الصرف هو عبارة عن التخلص وفي نفس الوقت الاستخدام المفيد. ولذلك يلزم عمل بعض المعالجات لمياه الصرف مثل استخدامها في الري أو في المزارع السمكية .

نوعية المياه المعالجة المستخدمة في الزراعة لها تأثير كبير علي أداء وكفاءة مياه الصرف – التربة – النبات أو نظام المزارع السمكية فى حالة الرى فإن النوعية المطلوبة للمياه المعالجة تتوقف على نوع النبات الذى سيتم ريه، وحالة التربة ونظام توزيع مياه الري الذي يقلل من المخاطر الصحية مع حصد المحاصيل، عندئذٍ فإن درجة المعالجة لمياه الصرف يمكن خفضها. ولكن في حالة استخدام المياه للأحياء المائية يلزم التحكم جيداً في معالجة مياه الصرف. المعالجة المناسبة لمياه الصرف قبل استخدامها في الزراعة هي التي تحقق الاشتراطات البيولوجية والكيماوية بأقل التكاليف مع أدني مطالب للتشغيل والصيانة.

يبني تصميم وحدة المعالجة لمياه الصرف الصحي عادة لخفض المواد الصلبة العالقة والعضوية إلي الحد الغير ملوث للبيئة. في المعالجة التقليدية تعتبر إزالة الكائنات الحية الممرضة ذات أهمية ثانوية ولكن في حالة استخدام هذه المياه في الري يلزم التخلص منها. المعالجة لإزالة الملوثات التي تؤثر علي الأحياء المائية ممكنة ولكنها غير اقتصادية.

نظراً للتغير في تدفقات المياه خلال التوقيتات المختلفة لليوم ما بين الليل والنهار وخلال اليوم يجعل من غير المناسب الري من مياه محطة المعالجة مباشرة. لذلك يلزم عمل نظام تخزين مؤقت أو تسوية (Equalization) لمياه المعالجة لتوفير تدفق مستمر للمياه المعالجة للري هذا بالإضافة إلي فوائد أخري للتخزين .

2. عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف :

تشمل عمليات المعالجة لمياه الصرف مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لإزالة المواد الصلبة والمواد العضوية في بعض الأحيان المواد الغذائية (Nutrients) في مياه الصرف الصحي. المصطلحات العامة المستخدمة لوصف درجات المعالجة المختلفة لزيادة مستوي المعالجة هي المعالجة التمهيدية ثم الأولية (Preliminary And Primary) والمعالجة الثانائية (Secondary) والمعالجة الثلاثية أو المعالجة المتقدمة لمياه الصف الصحي. في بعض البلدان يلي

المعالجة الأخيرة التطهير لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة لأمراض(Pathogens)
المخطط العام لمعالجة مياه الصرف موضح في الشكل (29):

المعالجة التمهيدية Preliminary Treatment

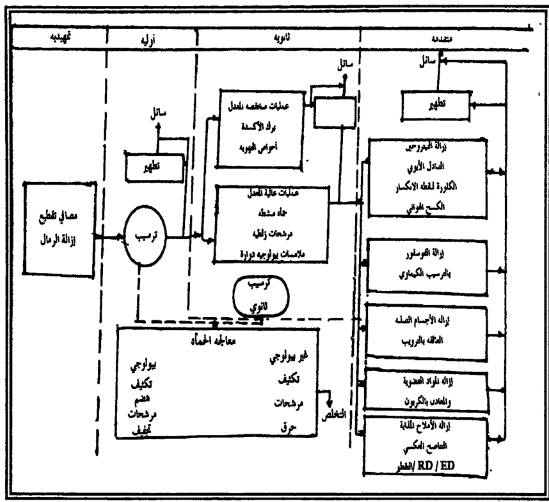
الهدف من المعالجة التمهيدية هو التخلص من المواد الصلبة الكبيرة (Coarse Solids) والمواد الأخري كبيرة الحجم التي تكون موجودة عادة في مياه الصرف. إزالة هذه المواد ضروري لتعزيز العملية والمحافظة علي كفاءة وحدات المعالجة التالية .

تشمل عملية المعالجة التمهيدية المصافي الكبيرة (Coarse Screening) الأجسام الصلبة الخشنة (Grit)، وفي بعض الحالات التقطيع للأشياء الكبيرة (communication). وفي غرف أحواض حجز الرمال الخشنة تكون سرعة المياه خلال الحوض عالية باستمرار أو يستخدم الهواء لمنع رسوب معظم المواد العضوية الصلبة .

مرحلة إزالة الرمال الخشنة كمعالجة تمهيدية لا توجد في معظم المحطات الصغيرة. لمعالجة مياه الصرف. تستخدم أحيانا أجهزة التقطيع لتسهيل عمل المصافي الكبيرة الفتحات وخفض حجم الأجسام الكبيرة ليمكن أزالتها في شكل حمأة في مراحل المعالجات التالية. تجهز مرحلة المعالجة التمهيدية بأجهزة قياس التدفق عادة قنوات القياس (Standing Wave Flumes)

الهدف من المعالجة الاولية هو إزالة الأجسام الصلبة العضوية والغير عضوية القابلة للترسيب وكذلك إزالة المواد الطافية ــ الخبث (Scum) بالكشط (Scimming) يزال أثناء المعالجة الأولية حوالي من 25-50% من الحمل البيولوجي (BOD_5) من 50- 75 % من إجمالي المواد الصلبة العالقة ، 65% من الزيوت والشحوم. يزال كذلك أثناء المعالجة الأولية بعض النيتروجين العضوي والفوسفور العضوي والمعادن الثقيلة المرتبطة بالمواد الصلبة ولكن المواد الهلامية (colloidal) والمذابة لا تتأثر والسائل المعالج في أحواض المعالجة الاولية يسمي السائل الأولي (Primary Effluent)

الجدول (3/11) يعطي معلومات عن السائل الأولي والبيانات عن مياه الصرف الصحي الخام.



الشكل (329/) مخطط عام لمعالجة مياه الصرف الصحي

جدول (3/11) نوعية مياه الصرف الصحي والسائل الاولي (بعد المعالجة الاولية):

نوعية مياه الصرف الخام ملجرام / لتر	الصرف الخام	بعد المعالجة الاولية
مطالب الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5	112	73
إجمالي الكربون العضوي TOC	64	40
مواد صلبة عالقة	185	72
إجمالي النيتروجين	43	34
إجمالي الفوسفور	10.2	7
البورون	1.68	1.5
القلوية ـــ مقيمة ($CaCO_3$)	320	330

في كثير من الدول الصناعية المعالجة الاولية هي أدني مستوي مطلوب لاستخدام مياه الصرف الصحي في الري. وهذه تعتبر معالجة كافية في حالة

استخدام مياه الصرف في ري المحاصيل التي لا يستهلكها الإنسان أو لري البساتين والنباتات المتسلقة (التكعيبات) أو المحاصيل الغذائية التي يلزم تصنيعها.

ولكن لتجنب مشاكل هذه المياه في أحواض التخزين أو أحواض التسوية يتم عادة عمل المعالجة الثانوية حيث في حالة ري المحاصيل الغير غذائية ويمكن استخدام جزء علي الأقل من السائل الاولي للري في حالة توفر حوض تخزين.

أحواض الترسيب الاولي أو المروقات تكون مستديرة أو مستطيلة بعمق من 3-5 متر وزمن احتجاز السائل في الحوض من 2-3 ساعة. الرواسب (الحمأة الاولي) تزال من قاع الحوض بواسطة كاسحات الحمأة التي تزيح الحمأة إلى بئر مركزي حيث تضخ الحمأة إلي وحدات معالجة الحمأة. يزال الخبث من سطح الحوض بواسطة نافورة من المياه أو بوسائل ميكانيكية إلي وحدة معالج الحمأة.

في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الكبيرة (أكبر من 7600متر مكعب في اليوم) تعالج الحمأة الأولى بطريقة بيولوجية لاهوائية (anaerobic digestion) في عملية الهضم اللاهوائي فإن البكتريا اللاهوائية أو البكتريا المختلطة (Facultative)القادرة علي العيش في الحالة الهوائية واللاهوائية، تحدث تغيرات كيماوية في الخلايا الحية للمواد العضوية (Metabolic) والحمأة وبذا ينخفض الحجم اللازم التخلص منه ويجعل الحمأة ثابتة (غير متعفنة) ويحسن من خصائص إزالة المياه منها. تتم عملية الهضم (Digestion) في خزانات مقفلة (Anaerobic) بعمق من 7-14 متر. زمن البقاء في الهاضم (Digestor) يتراوح ما بين من عشرة أيام (حيث الخلط والتسخين الجيد) إلي حوالي 60 يوم للهضم ذو المعدل القياسي. الغاز المحتوي علي 60 إلى 65 % ميثان الناتج أثناء الهضم يمكن استخدامه كمصدر للطاقة. في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة تعالج الحمأة بطرق مختلفة تشمل الهضم اللاهوائى، التخزين في أحواض الحمأة (Sludge Lagoons)، التجفيف في أحواض تجفيف الحمأة ، الاستخدام المباشر في التربة.

المعالجة الثنائية

الهدف من المعالجة الثنائية هو معالجة مياه الصرف بعد المعالجة الأولية لإزالة المواد العضوية المتبقية والمواد الصلبة العالقة المتبقية. في بعض الحالات المعالجة الثنائية تلي المعالجة الاولية وتشمل إزالة المواد العضوية والهلامية Colloidal) القابلة للتحلل البيولوجي (Biodegradable) في عمليات معالجة هوائية (Aerobic) والتي تتم في وجود الأكسجين بواسطة البكتريا الهوائية التي تعمل علي تحلل المواد العضوية في مياه الصرف منتجة كائنات دقيقة إضافية ونواتج غير عضوية. (أساسا ثاني أكسيد الكربون، النشادر والماء). تستخدم عدة طرق للمعالجة البيولوجية الثنائية والتي تختلف فقط في طريقة. توفير الأكسجين للكائنات الدقيقة ومعدل تحلل المواد العضوية بواسطة هذه الكائنات .

عمليات المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي تتصف بصغر حجم المفاعل والتركيز العالي للكائنات الدقيقة مقارنة بالعمليات ذات المعدل المنخفض وبالتالي فإن معدل النمو للكائنات الدقيقة أكثر في النظم ذات المعدل العالي بسبب القدرة علي التحكم في بيئة المعالجة. يتم فصل الكائنات الدقيقة من المياه المعالجة بالترسيب للحصول علي مياه ثنائية رائقة .

وتسمي أحواض الترسيب المستخدمة في المعالجة الثنائية بالمروقات الثانوية، وهي تعمل بنفس طريقة المروقات الاولية. المواد الصلبة البيولوجية أثناء الترسيب لهذه المرحلة تضاف إلي الحمأة من المرحلة الاولية .

العمليات ذات المعدل العالي تشمل عمليات الحمأة المنشطة ، المرشحات الزلطية،المرشحات البيولوجية (Bio Filters)حفر الأكسدة (Oxidation Ditches)، الملامسات البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors). يستخدم أحياناً طريقتين علي التوالي مثال ذلك المرشحات البيولوجية يليها الحمأة المنشطة وذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي المحتوية علي تركيزات عالية من المادة العضوية من المصادر الصناعية .

الحماة المنشطة Activated Sludge

في عملية الحمأة المنشطة مفاعل النمو المغمور عبارة عن حوض تهوية يحتوي علي مياه صرف وكائنات دقيقة وسائل مخلوط (Mixed Liquor) يتم الخلط بشدة لمحتويات حوض التهوية بتجهيزات تهوية التي تعمل علي إمداد الأكسجين. للعوالق البيولوجية. تجهيزات التهوية المستخدمة عادة تشمل ناشرات الهواء المغمورة (Submerged Diffusers) التي ينبعث منها الهواء المضغوط وتجهيزات التهوية الميكانيكية السطحية التي توفر الهواء بتقليب سطح السائل . زمن المكث الهيدروليكي في أحواض التهوية عادة يتراوح ما بين 3-8 ساعات ويمكن أن يكون أكثر من ذلك في حالة زيادة الحمل العضوي (BOD_5) في مياه الصرف.

بعد مرحلة التهوية تفصل الكائنات الدقيقة من السائل بالترسيب والسائل الرائق يسمي السائل الثانوي (Secondary Effluent) جزء من الحمأة البيولوجية تعاد إلي حوض التهوية للمحافظة علي أن تكون المواد الصلبة العالقة مرتفعة في السائل المخلوط والباقي يزال إلي وحدة معالجة الحمأة. للمحافظة علي ثبات تركيز الكائنات الدقيقة في الحوض توجد اختلافات في أساليب عملية الحمأة المنشطة، مثل التهوية الممتدة برك الأكسدة وهذه تُستخدم عادة ولكن المبادئ واحدة.

المرشحات الزلطية : Trickling Filters

المرشح الزلطي أو المرشح البيولوجي (Bio Filter) يتكون من حوض أو برج مملوء بوسط مساعد مثل الأحجار ، أشكال من البلاستيك، قطع من الخشب،

أو الزلط. عند تدفق المياه بشكل متقطع أو مستمر أحياناً فوق الوسط المساعد. تلتصق الكائنات الدقيقة بالوسط المساعد وتكون طبقة أو غطاء رقيق مثبت. المواد العضوية في مياه الصرف تنتشر في الطبقة أو الغشاء الرقيق حيث تحدث لها التحولات البيولوجية.

يتوفر الأكسجين للغشاء بالدفق الطبيعي للهواء أما من أسفل أو أعلي خلال الوسط المساعد، طبقا لدرجة الحرارة النسبية لمياه الصرف والهواء المحيط . نادراً ما يكون من الضروري دفع الهواء بواسطة أجهزة تهوية. يزداد سمك الغلاف البيولوجي مع نمو الكائنات الجديدة .

من آن إلي آخر يسقط جزء من هذا الغلاف خلال الوسط المساعد. مادة الحمأة التي انفصلت عن الغلاف يتم فصلها من السائل في المروق الثنائي ثم يتم صرفها إلي معالجة الحمأة. السائل الناتج من المروق الثنائي بعد فصل الحمأة هو السائل الثنائي حيث جزء منه عادة يعاد الي المرشح البيولوجي لتحسين التوزيع الهيدروليكى لمياه الصف فوق الغلاف.

الملامسات البيلوجية الدوارة Rotating Biological Contactors

الملامسات البيولوجية الدوارة عبارة عن مفاعلات ذات غلاف ملتصق يشابه المرشح البيولوجي (الزلطي) في أن الكائنات لدقيقة ملتصقة بالوسط السائد. في حالة الملامسات البيولوجية الدوارة يكون الوسط السائد عبارة عن أقراص دوارة مغمورة جزئياً في مياه الصرف التي تتدفق في المفاعل. يتوفر الأكسجين للغلاف البيولوجي الملتصق من الهواء عندما يكون الغشاء خارج الماء ومن السائل عندما ينغمس في السائل ، وذلك نظرا ًلأن الأكسجين ينتقل إلي مياه الصرف بواسطة الاضطراب السطحي الناتج عن دوران الأقراص .

قطع من الحمأة (من الغشاء البيولوجي) تزال بنفس الطريقة التي تم توضيحها في المرشح البيولوجي.

المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي: عمليات المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي مع الترسيب الاولي تزيل 85% من الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5، المواد الصلبة العالقة الموجودة في مياه الصرف وبعض المعادن الثقيلة .

الحمأة المنشطة تنتج سائل له توعية جيدة إلي حد ما بالنسبة لهذه المكونات عن المرشحات البيولوجية (الزلطية) والملامسات البيولوجية الدوارة. عند توفير مرحلة التطهير يمكن قتل البكتريا والفيروسات بنسبة كبيرة. ولكن هذه الطرق تزيل بنسبة قليلة جدا الفوسفور والنيتروجين والمواد العضوية التي لا تتحلل بيولوجيا والأملاح المذابة .

المعالجة الثلاثية او المعالجة المتقدمة

تستخدم المعالجة الثلاثية أو المعالجة المتقدمة لمياه الصرف عندما يكون مطلوب إزالة بعض مكونات مياه الصرف التي لم تزال بالمعالجة الثنائية. لذا يكون من الضروري عمليات معالجة مستقلة لإزالة النيتروجين، الفوسفور، مواد صلبة عالقة إضافية، مواد عضوية غير قابلة للتحلل البيولوجي. المعادن الثقيلة والمواد الصلبة المذابة. نظراً لأن المعالجة المتقدمة عادة تلي المعالجة الثنائية لذلك سميت بالمعالجة الثلاثية ولكن عمليات المعالجة المتقدمة أحيانا تتم مع المعالجة الاولية أو الثنائية (مثل الإضافات الكيماوية للمروقات الأولى أو لأحواض التهوية لإزالة الفوسفور) أو تستخدم بدلاً من المعالجة الثنائية كما في حالة المعالجة للسائل الاولي بالنشر او التدفق فوق سطح الأرض .

استخدام عمليات الحمأة المنشطة عادة لإزالة النيتروجين والفوسفور كما هو موضح في المخطط المبسط شكل (30 /3). السائل من المروقات الاولية يتدفق إلي المفاعل البيولوجي المقسم إلي خمسة مناطق بواسطة عوائق وهدارات .

وهذه المناطق مرتبة كالأتي (1) منطقة التخمر الاهوائي (حيث الأكسجين المذاب منخفض جدا وعدم وجود النترات) (2) منطقة نقص الأكسجين(Anoxic Zone) حيث الأكسجين المذاب قليل ولكن توجد النترات (3) منطقة التهوية (4) منطقة نقص الأكسجين الثانية (5) أخيرا منطقة التهوية .

مهمة المنطقة الأولى هو تنشيط مجموعة البكتريا المسئولة عن إزالة الفوسفور من خلال ظروف منخفضة من الأكسدة ــ الاختزال ، والذي ينتج عنه إتزان للفوسفور من خلال ظروف منخفضة من الأكسدة ــ الاختزال ، والذي ينتج عنه إتزان للفوسفور في خلايا البكتريا .

وعند التعرض التالي لإمدادات الأكسجين والفوسفور في منطقة التهوية ، فإن هذه الخلايا تعمل على تراكم الفوسفور بكمية تزيد عن احتياجاتها العادية للتحول . يزال الفوسفور مع صرف الحمأة المنشطة.

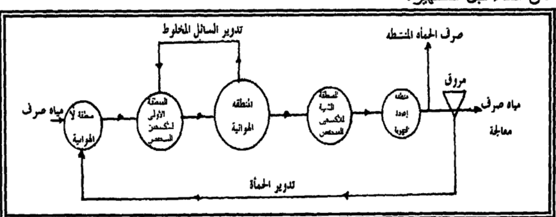
معظم النيتروجيتن في المياه الداخلة إلي المفاعل تكون في شكل الأمونيا ، وهذه تمر خلال المنطقتين الأولتين بدون تغير حقيقي. في المنطقة الهواية الثالثة فإن عمر الحمأة يكون قد تم النترجة الكاملة (Complete Nitrification) حيث يتحول نيتروجين الأمونيا الي نيتريت ثم ألي نترات .

السائل المخلوط (Mixed Liquor) الغني بالنترات يعاد تدويره(Recycled) من منطقة التهوية إلى منطقة نقص الأكسجين (Anoxic Zone) الأولى. هنا تحدث إزالة للمواد النيتروجينية (Denitrification) حيث النترات التي تم تدويرها في غياب الأكسجين المذاب تختزله بواسطة البكتريا المختلفة (Facultative Bacteria) إلي

غاز النيتروجين باستخدام مركبات الكربون العضوي في المياه الداخلية لإعطاء النيتروجين .

غاز النيتروجين يتسرب إلي الجو في المنطقة الثانية لنقص الأكسجين فإن النترات التي لم يتم تدويرها تختزل بواسطة التنفس والنمو للبكتريا. وفي المنطقة الأخيرة لإعادة التهوية فإن مستوي الأكسجين المذاب يرتفع ثانيا لإيقاف أي تحلل للمواد النيتروجينية (Denitrification) الذي يعيق الترسيب في المروق التالي الذي يصب فيه السائل المخلوط .

في كثير من الحالات حيث احتمالات التعرض العالي للمياه المعالجة ولخفض التعرض للكائنات الممرضة والفيروسات. إلا أن التطهير المؤثر للفيروسات يتم في وجود مواد هلامية عالقة (Colloidal Solids) في الماء بما يتطلب إزالة هذه المواد من الماء قبل التطهير.



الشكل (3/30) زالة الفوسفور والنيتروجين عند المعالجة لمياه الصرف بالحمأة المنشطة

التطه Disinfection

يتم التطهير عادة بحقن محلول الكلور من حوض خلط (Contact Basin) والذي يكون عادة قناة مستطيلة مجهزة بعوائق (Baffles) لزيادة المشوار ومصمم لزمن التصاق قدره 30 دقيقة وقد يصل زمن الالتصاق إلي 120 دقيقة لاستعمالات معينة في الري بمياه الصرف الصحي المعالج. أثر الكلور وباقي مواد التطهير علي البكتريا يتوقف علي الرقم الهيدروجيني زمن الالتصاق، المحتوي من المواد العضوية، ودرجة حرارة سائل الصرف وجرعة الكلور تكون من 5 إلي 15 مليجرام / لتر .

تخزين سائل الصرف المعالج:

رغم أن التخزين غير وارد في خطوات المعالجة لمياه الصرف إلا أنه في معظم الحالات يوجد هذا الاتصال بين محطة المعالجة ونظام الري. يفيد التخزين في الأتي:

* تسوية التغيرات اليومية في التدفق من محطة المعالجة وتخزين الفائض في حالة زيادة متوسط تدفق مياه الصرف عن حاجة الري ، يشمل التخزين في فصل الشتاء.

* توفير الزيادة في متطلبات الري من الزيادة في تدفقات مياه الصرف .

* خفض تأثير التغير في تشغيل محطة المعالج ونظام الري .

* التخزين يستخدم لتأكيد عدم احتمال دخول مياه لنظام الري غير مناسبة ويعطي زمن إضافي لحمل المشاكل المؤقتة لنوعية المياه.

* توفير معالجة إضافية مطالب الأكسجين ، مواد صلبة عالقة ، بالإضافة إلى خفض الكائنات الدقيقة والنيتروجين .

المعالجة البيولوجية الطبيعية للمياه (Natural Biological Treatment Systems)

نظم المعالجة البيولوجية الطبيعية متاحة لمعالجة مياه الصرف العضوية مثل مياه الصرف الصحي وهي أقل في التكاليف وأقل في تقنيات نظم التشغيل والصيانة. وأن كانت هذه العمليات تتطلب مساحات من الأراضي مقارنة بالمعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي السابق توضحيها ولكنها في حالة التصميم الجيد وعدم التحميل الزائد مؤثر في إزالة الكائنات الحية الصغيرة الممرضة باستمرار .

ومن بين المعالجات البيولوجية الطبيعية المتاحة برك الأكسدة (Stabilization Ponds) ومعالجة الأرض وهذه استخدمت علي نطاق واسع في دول العالم. نظرية تقنيات الغشاء الغذائي هو تطور حديث في نظم المعالجة واستخدام مياه الصرف.

برك الأكسدة لمياه الصرف التثبيت Stabilization Ponds

طبقا لتقرير البنك الدولي في عام 1986 فإن برك الأكسد هي أفضل نظام لمعالجة مياه الصرف الصحي المعاد استخدامها في الري ، وهى طريقة مفضلة في الدول النامية حيث تتوفر الاراضى عادة مع عدم توفر الخبرة للعمالة. الجدول ١ يوضح مقارنة لفوائد وعيوب البرك مقارنة بعمليات المعالجة البيولوجية ذات المعدل العالي.

تصمم بحيرات الأكسدة لتوفير أشكال مختلفة من المعالجة حتى ثلاث مراحل علي التوالي، طبقا للأحمال العضوية للمياه الخام ونوعية المياه المعالجة. لسهولة الصيانة والمرونة في التشغيل يشمل التصميم مجموعتين (Two Trains) من برك الأكسدة علي التوازي .

مياه الصرف الصرف ذات الحمل العضوي اكثر من 300 مليجرام / لتر ترسل إلي أحواض المرحلة الاولي اللاهوائية حيث يحدث معدل عالي من الإزالة .

في حالة مياه الصرف الضعيفة أو حيث لا يكون (مقبول من الناحية البيئة الأحواض الغير هوائية حتي في حالة مياه الصرف ذات الأحمال العالية (حتي 100 مليجرام / لترBOD5) يمكن صرفه مباشرة الي الأحواض الاولي للمعالجة المختلطة (Facultative Ponds) .

المياه من أحواض المرحلة الاولي اللاهوائية تتدفق إلي أحواض المعالجة الثانية المختلطة والتى تحتوي علي المرحلة الثانية للمعالجة البيولوجية. يلي الأحواض المختلطة الأولى أو الثانية في حالة ضرورة خفض الكائنات الجرثومية الممرضة إلى أحواض النضج (Maturation Ponds) لعمل المعالجة الثلاثية. مكونات الأحواض كما في الشكل (1/31) .

الأحواض اللاهوائية Anaerobic Ponds

الأحواض اللاهوائية ذات تأثير في إزالة الأحمال العضوية عند وجودها بتركيزات عالية. عادة يكفي حوض لاهوائي في كل مجموعة معالجة في حالة الحمل العضوي للمياه أقل من 1000 مليجرام / متر BOD_5. بالنسبة لمياه الصرف عالية التركيز فإن أحواض المعالجة اللاهوائية قد تصل إلي ثلاثة أحواض مع زمن مكثف في كل حوض لا يقل عن يوم .

الحالات اللاهوائية في المرحلة الاولي لأحواض الأكسدة (التثبيت) تتم بالمحافظة علي الحمل الحجمي العضوي العالي ، أكثر من 100 جرام BOD5/ م^3 / اليوم. يعين الحمل العضوي الحجمي (Y) بالمعادلة

$$Y = \frac{L\,Q}{V}$$

حيث L = الحمل العضوي لمياه الصرف BOD_5 مليجرام / لتر

Q = معدل التدفق للمياه الداخله متر مكعب في اليوم

V= حجم الحوض م^3

حيث أن = $t = \frac{V}{Q}$ (زمن البقاء في الحوض)

$$\frac{L}{t} = Y$$

الأحمال العضوية العالية حتي 1000جرام BOD_5 /م^3 اليوم يوفر استخدام كفؤ لحجم الحوض الهوائي ولكن في حالة مياه الصرف المحتويه علي تركيزات من الكبريتات تزيد عن 100 ملجرام / لتر ، فإن إنتاج كبريتيد الهيدروجين (H_2S) يمكن أن يسبب مشاكل في الرائحة. في حالة مياه الصرف الصحي العادي فإنه

مقبول عموما ألا يزيد الحمل العضوي لحوض المعالجة اللاهوائية عن 400 جرام BOD_5/ م^3 / اليوم لمنع حدوث مشاكل الرائحة .

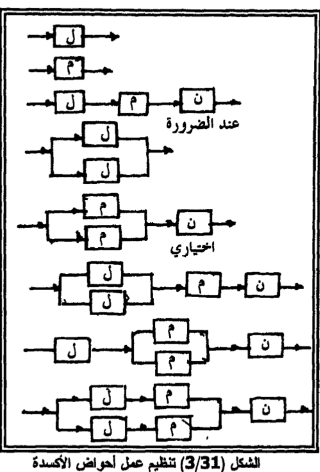
الأحواض اللاهوائية لها عادة عمق ما بين 2 إلي 5 متر وتعمل حوض تحليل (Septictak)مفتوح مع تسرب الغاز إلى الجو. تنشأ البرك اللاهوائية مثل البرك المختلطة لخفض تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك بنسبة حوالي 50الي 70% جدول (3/12) .

غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التحلل اللاهوائي للمواد العضوية يساعد علي تحريك ومزج الرواسب وقد تحمل هذه الغازات معها لسطح الحوض المواد المترسبة وتصل نسبة الإزالة للأكسجين الحيوي المستهلك (BOD_5) إلى 40% عند درجة حرارة أقل من 10م وحمل عضوي100جرام / م^3 / اليوم ، 60% عند درجة حرارة أكبر من 20م عند حمل عضوي 300جرام / م^3/ اليوم .

يحتمل نسبة إزالة أعلى في حالة مياه الصرف الصناعي وخاصة تلك المحتوية علي مواد عضوية قابلة للترسيب. في بعض الحالات يغطي الحوض اللاهوائي بطبقة سميكة من الخبث والتي تعمل علي نشاط الذباب. المواد الصلبة ترسب في المرحلة الاولي للأحواض اللاهوائية، ويكون من المناسب إزالة الحمأة المترسبة بعد وصولها إلى نصف عمق الحوض وهذه عادة تستغرق عامين عند تصميم التدفق لمعالجة مياه الصرف الصحي.

جدول (3/12) إزالة الأكسجين الحيوي المستهلك في الأحواض اللاهوائية بحمل 205جرام / متر مكعب / اليوم BOD_5 .

زمن المكث في الحوض باليوم	نسبة الإزالة للأكسجين الحيوي المستهلك
1	50
2.5	60
5	70



الشكل (3/31) تنظيم عمل أحواض الأكسدة

ل= لاهوائيه م= مختلطة ن= النضج

الأحواض المختلطة Facultative Ponds هوائية ولا هوائية

المياه المعالجة بالطريقة اللاهوائية تحتاج بعض أشكال المعالجة الهوائية قبل الصرف أو الاستخدام. تعتبر أحواض المعالجة المختلطة أكثر مناسبة للاستخدام عن المعالجة البيولوجية الثنائية التقليدية. وخاصة بالنسبة للدول النامية. تصمم أحواض المعالجة المختلطة لمعالجة مياه الصرف الضعيفة وفي الأماكن الحساسة حيث رائحة برك المعالجة اللاهوائية تكون غير مقبولة .

المواد الصلبة في المياه الداخلية إلى حوض المعالجة المختلط والمواد الصلبة الزائدة الناتجة عن التحلل سوف ترسب مكونة طبقة من ترسيبات الحمأة في القاع. الطبقة في القاع ستكون غير هواية ولذلك سوف يحدث تحلل لاهوائي وتحلل المواد العضوية ، سوف تنتج مواد عضوية مذابة في عامود الماء فوقها.

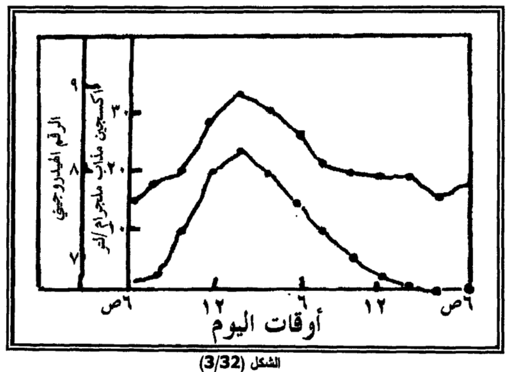
المواد العضوية المذابة أو العالقة في الماء تتحلل بواسطة البكتريا الهوائية مع الحصول علي الأكسجين كما في حالة المعالجة التقليدية. ولكن علي عكس المعالجة التقليدية فإن الأكسجين الذي تستخدمه البكتريا في الأحواض المختلطة يستعوض

بواسطة أكسجين التمثيل الضوئي الناتج عن الطحالب الصغيرة وليس بواسطة أجهزة تهوية. وخاصة في حالة مياه الصرف الصحي في المناخ الحار فإن الأحواض المختلطة تعتبر مثالية لأداء الطحالب النباتية .

ارتفاع درجة وسطوع ضوء الشمس يوفر الظروف لنشاط الطحالب في استخدام ثاني أكسيد الكربون الذي تطلقه البكتريا في تلك المكونات العضوية لمياه الصرف والحصول علي الغذاء (أساساً النيتروجين والفوسفور الموجود في مياه الصرف ، وهذه العلاقة تعمل علي الإزالة الكاملة للأكسجين الحيوي المستهلك (BOD_5) في الأحواض المختلطة لتوفير الإلتزام الضروري لاستمرار هذه التفاعلات فإن التحميل العضوي للحوض المختلط يجب أن يكون محدود .

حتي في ظروف التشغيل الجيدة فإن تركيز الأكسجين المذاب في الحوض المختلط يتغير خلال اليوم وكذلك في العمق. أقصي تركيز للأكسجين يكون عند سطح الحوض ويصل إلي ما بعد التشبع في المناطق الجافة في ظروف أقصي كثافة لأشعة الشمس .

(الشكل (3/32) يوضح التغير في الأكسجين المذاب والرقم الهيدروجيني في الحوض المختلط. من وقت أقصي كثافة لأشعة الشمس حتي الشروق ، ينخفض الأكسجين المذاب وقد يختفي تماماً لفترة زمنية قصيرة بالنسبة للحوض المختلط فإن عمق عامود المياه 1.5 متر يوفر المعالجة الهوائية في توقيت أقصي أشعة شمسية والغير هوائية تكون سائدة عند الشروق. من الشكل(3/32)فإن.



الشكل (3/32)

فإن الرقم الهيدروجيني لمحتوي الحوض سوف يتغير كذلك خلال اليوم مع استخدام الطحالب لثاني أكسيد الكربون أثناء ساعات النهار والتنفس للبكتريا والكائنات الأخري مطلقة ثاني أكسيد الكربون أثناء الليل .

تعتبر الرياح ذات أهمية للأداء الجيد للحوض المختلط وذلك بسبب خلط المحتويات والمساعدة في منع قصر الرحلة. يعتبر الخلط الجيد للمكونات العضوية والبكتريا التي تقوم بالتحلل البيولوجي هام في أي مفاعل بيولوجي ولكن في الحوض البيولوجي المختلط يعتبر الخلط بفعل الرياح أساسي لمنع التراكم الحراري والذي يسب أداء غير هوائي ومن ثم فشل المعالجة. ولذلك يجب أن يوجه حوض المعالجة البيولوجية المختلطة في اتجاه الرياح السائدة بأطول أبعاده. نسبة الطول إلي العرض في الحوض المختلط 2 : 1 إلي 3 : 1

المعادلات المستخدمة في التصميم

$$\lambda_s = 20T - 60$$

حيث :

λ_s = الحمل العضوي السطحي كيلو جرام من الأكسجين الحيوي المستهلك / الهتار / اليوم

T= متوسط درجة الحرارة في أكثر الشهور برودة (درجة مئوية) لتعيين مساحة الحوض .

$$A = \frac{Li\,Q}{2T - 6}$$

حيث :

A = المساحة بالمتر المربع

Li = BOD_5 ملجرام / لتر

Q = معدل التدفق $م^3$ / اليوم

T = درجة الحرارة (°م)

زمن الاستيفاء في الحوض

$$t = \frac{A \times D}{Q}$$

حيث :

t	=	زمن الاستيفاء باليوم
A	=	عمق المياه في الحوض
Q	=	معدل التدفق م3/ اليوم

برك الانضاج : Maturation Ponds

السيب من برك المعالة المختلطة يعالج في برك الانضاج لخفض المحتوي من الأكسجين الحيوي المستهلك وكذلك خفض المحتوي من الكائنات الحية الممرضة وذلك حتي يمكن استخدام هذه المياه في الزارعة، برك الإنضاج تكون هوائية خلال كل عامود الماء خلال النهار والرقم الهيدروجيني يرتفع لأكثر من 9 .

برك النضج تعمل بالمعالجة الهوائية وعمق الحوض حوالي 1 متر . تساعد الطحالب والنباتات المائية علي توفير الأكسجين اللازم للمعالجة الهواية . أشعة الشمس وارتفاع الرقم الهيدروجيني يعملا علي خفض المحتوي من الكائنات الجرثومية.

3- المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف الصحى:

الشحن للخزان الجوفي بمياه الصرف Aquifer Recharge With Waste Water

المعالجة بـ بة الخزان الجوفي

عندما تتوفر الظروف المناسبة للتربة والمياه الجوفية فإن الشحن الجوفي خلال أحواض ترشيح (Infiltration Basins) يمكن أن يحقق درجة عالية من التحسن بترشيح المياه المعالجة جزئيا في التربة لتتحرك إلي الخزان الجوفي. تعمل عندئذ منطقة التهوية (عدم التشبع)، كمرشح طبيعي حيث تزيل كل المواد الصلبة العالقة، المواد القابلة للتحلل البيولوجي، البكتريا، الفيروسات، وكائنات حية دقيقة أخري، هذا بالإضافة إلى خفض كبير في النيتروجين والفوسفور والمعادن الثقيلة.

بعد مرور مياه الصرف الصحي خلال طبقة التهوية ومعالجتها ووصولاً إلى المياه الجوفية فإنها تترك لتتدفق خلال الخزان الجوفي مسافة ما قبل ضخها شكل (3/33). هذه الحركة الإضافية خلال الخزان الجوفي توفر تنقية إضافية (إزالة الكائنات الحية الدقيقة ، ترسيب أملاح الفوسفات ، أمتصاص المواد العضوية المختلفة .. الخ) لمياه الصرف نظراً لأن كلا من التربة والخزان الجوفي يعملا كمعالجة طبيعية .

لذلك يسمي النظام في الشكل (34) المعالجة بالتربة والخزان الجوفي . هذا النظام رغم أنه تكنولوجيا بسيطة إلا أنه نظام معالجة متقدم لمياه الصرف . وهو يوفر للمياه القابلية (Aesthetic)عند المعالجة التقليدية نظراً لأن المياه المسحوبة تكون ليست فقط رائقة وخالية من الرائحة ولكنها تسحب من بئر وليست من ماسورة صرف أو من محطة معاجلة صرف . لهذا فإن المياه تكون قد فقدت دلالة الصرف الصحي نظرا للنظرة العامة إن هذه المياه من جوف الأرض. وهذا يعتبر عامل هام في القبول نحو إعادة استخدام مياه الصرف.

المخطط العام للمعالجة بالتربة والخزان الجوفي : (Soil Aquifer Treatment – SAT)

توجد أنواع مختلفة من نظم المعالجة بالتربة ــ الخزان الجوفي في الشكل(33)، أبسط هذه الأنواع هو بإلقاء المياه المعالجة عل أحواض ترشيح (Infiltration Basin) علي أرض مرتفعة حيث تتحرك إلي أسفل إلى الخزان الجوفي إلى مساحة منخفضة شكل (33-أ).

هذه المساحة المنخفضة يمكن أن تكون منخفض طبيعي أو منطقة نز او تسرب للماء (Seepage) الينبوع. أو مجري او بحيرة، وهذا النظام في الشكل (33-أ) يعمل علي خفض التلوث للمياه السطحية بدلا من صرف مياه الصرف مباشرة الي مجري مائي أو بحيرة ، و لذلك تلقي في أحواض ترشيح علي مستوي مرتفع لتعالج بالتربة ــ الخزان الجوفي قبل الدخول الي المجري المائي أو البحيرة. النظام في الشكل (33-ب) يشبه النظام في الشكل (33-أ) ولكن مياه الصرف المعالجة بواسطة التربة الخزان الجوفي تجمع بواسطة مصفاه تجميع زراعية. هذين النظامين يعملا بدون ضخ.

عندما تكون المياه الجوفية عميقة ، عندئذٍ تستخدم آبار الضخ و يتم ذلك في أحد صورتين. في الشكل (33-جــ) توضح أحواض التسريب في شريطين متوازيين حيث توضع الآبار علي الخط بين هذه الشريطين وفي الشكل (33-د) تكون أحواض التسرب متجاورة في شكل عنقود والآبار في شكل دائرة حول هذا العنقود النظام في الشكل (33-جــ).

يمكن ان يصمم ويدار بما يمكن الأبار من ضخ المياه المعالجة وليس أي مياه من الخزان الجوفي خارج نظام معالجة التربة ــ الخزان الجوفي . النظام في الشكل (33-د) يمكنان من إعطاء مياه من خليط من مياه الصرف المعالج ومياه الخزان الجوفي يمكن استخدام كلا النظامين (33-جــ،33- د) في التخزين الموسمي لمياه الصرف تحت الأرض بما يسمح بقمع الارتفاع للمياه الجوفية (Mound) بالارتفاع في فترة الشتاء حيث الحاجة إلى مياه الري منخفضة ثم ضخ المياه الجوفية من هذا الارتفاع لقمع المياه في فترة الصيف حيث زيادة الحاجة إلى مياه الري.

نظام المعالجة الموضح في الشكل(33-جــ) يكون مناسباً للنظم الصغيرة حيث يوجد فقط أحواض صغيرة حول بئر في الوسط شكل (34) .

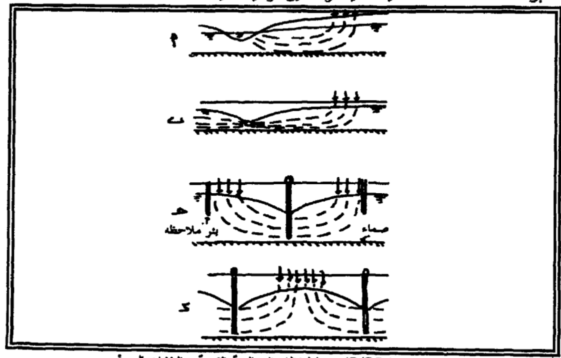
نظام المعالجة التربة ــ الخزان الجوفي (SAT) يعطي نوعية جيدة من مياه الصرف المعالج ولكن ليست جيدة مثل المياه الجوفية ــ ولهذا يصمم هذا النظام ويدار لمنع وصول مياه الصرف إلى الخزان الجوفي خارج منطقة الخزان المستخدمة في المعالجة . في حالة النظام (33-أ، (33-ب) يمكن تحقيق ذلك بتأكيد

وجود منخفض لتجميع المياه والذي يكون نتيجة الحفر أو يوضع مصفاه التجميع لمياه الري عميقة للتأكد من أن المياه الجوفية علي الجانب الأخر تتحرك كذلك نحوها.

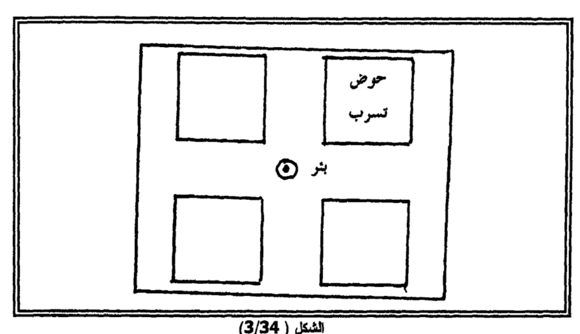
في الحالة (33-جـ) يكون التحكم في حركة مياه الصرف المعالج إلى الخزان الجوفي خارج حدود التربة ــ الخزان الجوفي بالتحكم في معدل التسرب والضخ وذلك بألا يرتفع خط المياه الجوفية أسفل الحدود الخارجية لشرائح التسرب أعلى من خط المياه الجوفية خارج نظام المعالجة (التربة ــ الخزان الجوفي SAT).

وهذا يتطلب التحكم في منسوب المياه الجوفية خلال آبار ملاحظة مقامة في الأطراف الخارجية لشرائح التسرب (33-جـ) في حالة النظام (33-د) يمكن منع وصول مياه الصرف المعالج إلى الخزان الجوفي خارج دائرة الأبار بضخ الأبار بمعدل كافي بما يمكن من حركة المياه الجوفية الأصلية خارج نظام المعالجة نحو الآبار .

يلزم تحرك مياه الصرف مساحة كافية خلال التربة والخزان الوفي وزمن البقاء يكون كبيراً للحصول علي مياه معالجة بالنوعية المطلوبة قد اتفق علي عمق رحلة المياه حتي 100 متر زمن بقاء لمدة شهر ، ولكن هذا يتوقف علي نوعية مياه الصرف المتسربة إلى الأرض ، نوع التربة في منطقة التهوية العمق للخزان الجوفي ونوع المعالجة المطلوبة . معظم التحسن في نوعية المياه يحدث في المتر العلوي للتربة ولكن يلزم وقت أكثر للإزالة الكاملة للكائنات الحية الدقيقة وتحسين نوعية المياه.



الشكل (3/33) مخطط نظام المعالجة التربة- الخزان الجوفي



الشكل (3/34)

لعد 4 أحواض تسريب والبئر في المركز لضخ المياه المعالجة من الخزان الجوفي.

خصائص التربة :

فى أحواض التسرب لنظام المعالجة بالتربة فإن الخزان الجوفي يجب أن يكون فى تربة ذات نفاذية كافية لتوفير معدل تسرب عالي للمياه وخاصة في حالة التدفق العالي لمياه الصرف، وفي حالة المساحة المحدودة للحوض لتجنب زيادة البخر. ولذلك تكون حبيبات التربة رفيعة لتوفير الترشيح الجيد وتحسين نوعية السائل أثناء التسرب لها.

ولهذا يكون أفضل نوع للتربة هو الرمال الرفيعة أو تربة رملية طينية (Loam) أما مادة التربة في عمق طبقة التهوية تكون حبيباتها مستديرة وتكون أكبر في الحجم عن حبيبات سطح التربة يجب تجنب التربة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم على السطح والصغيرة الحجم في العمق وذلك لتراكم المواد العالقة في التربة ذات الحبيبات الصغيرة بما يشكل خطورة. حيث يحدث انسداد لمسام التربة في العمق ويصعب إزالة الانسداد. منطقة التهوية يجب ألا تحتوي علي طبقات طفلية التي تعيق حركة المياه وتسبب ارتفاع للمياه الجوفية. يجب أن يكون الخزان الجوفي عميق بما فيه الكفاية وله قدرة نقل للمياه لمنع ارتفاع خط المياه بسبب التسرب. خط المياه الجوفية يجب ألا يقل عن واحد متر أسفل قاع حوض التسرب أثناء القاء المياه. كما يجب أن تكون التربة وتُربة الخزان الجوفية حبيبية .

التشغيل :

الطاقة ا يدروليكية والبخر

أحواض التسرب في نظام المعالجة بالتربة. الخزان الجوفي يتم غمرها من وقت إلي آخر لتوفير زمن تجفيف منتظم، بهدف إستعادة كفاءة معدل التسرب وكذلك التهوية للتربة. معدل الغمر يتغير من 8 ساعات جفاف إلي 16 ساعة غمر إلي أسبوعين جفاف إلي أسبوعين غمر . لذلك يكون لهذا النظام عدد من الأحواض ليكون بعضها يمكن غمره والأخر في التجفيف .

كمية الترشيح السنوية أو معدل الحمل الهيدروليكي تختلف من 15 إلي 100 متر في العام وهنا يتوقف علي التربة والمناخ ونوعية مياه الصرف ومعدل النظافة للحوض. بفرض إنتاج صرف صحي بمعدل 100 لتر للفرد في اليوم ، في مدينة تعدادها 10000 نسمة وان الحمل الهيدروليكي 50 متر في العام. لذلك فإن نظام المعالجة التربة ـــ الخزان الجوفي سيحتاج إلي مساحة أحواض حوالي 7.3هكتار (حوالي 17.4فدان).

وهذا يوضح أن هذا النظام ليس يحتاج بالضرورة مساحات كبيرة من الأرض شريطة أن تكون التربة مسامية بما فيه الكفاية وأن مياه الصرف ذات نوعية تسمح بمعدل عالي للحمل الهيدروليكي (محتوي منخفض من المواد العالقة).

الفقد بالبخر من سطح المياه في المناطق الجافة والحارة يتراوح ما بين 1-2 متر في العام. نظراً لأن أحواض الترشيح الأرضي تظل رطبة أثناء التجفيف فإن البخر للأحواض أثناء الغمر وعدم الغمر يكون نفسه في الحالتين . بفرض نظام له طاقة هيدروليكية 50 متر في العام والفقد بالخبر 1.5 متر في العام، يكون الفقد بالبخر 3% لكل مياه الصرف وبذلك يزداد تركيز الأملاح المذابة فى مياه الصرف إلي 3%.

إدارة حوض المعالجة بالتربة ـ الخان الجوفي:

أفضل نوع للتربة هي التربة المسامية بالنسبة لقاع الترشيح . النبات والطحالب الغير مستمرة لا تسبب مشكلة ولكن الأعشاب والنباتات الكثيرة يمكن أن تعيق عملية جفاف التربة ، وبالتالي تأخير استعادة معدلات الترشيح. النباتات الكثيفة تزيد من مشاكل البعوض وبعض الحشرات .

يكون من المفضل العمق الضحل للمياه (20سم) عن العمق الكبيرة (1متر) بسبب زيادة معدل دورة مياه الصرف عن الحوض العميق في التربة ذات نفس معدل الترشيح وبذلك تحرم الطحالب العالقة من النمو في الأحواض الضحلة. الطحالب العالقة تعمل علي خفض معدل الترشيح حيث ترسب علي قاع الحوض وتحدث انسداد لمسام التربة .

كذلك فإن الطحالب لكونها تقوم بعملية التمثيل الضوئي فإنها تزيل ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء بما يزيد من الرقم الهيدروجيني للماء. وعند ارتفاع تركيز الطحالب قد يصل الرقم الهيدروجيني إلى 9 أو 10 وبالتالي يسبب ترسيب كربونات الكالسيوم .

وهذا يسبب انسداد عام لسطح التربة وبالتالي انسداد للتربة وخفض معدلات الترشيح. ولأن الطحالب العالقة وانسداد التربة في حالة الأحواض الضحلة قليل لذلك فإنها عموما توفر حمل هيدروليكي أعلى من الأحواض العميقة.

أثناء الغمر تتراكم المواد العضوية والمواد الصلبة العالقة في مياه الصرف في قاع الحوض ، بما يعمل علي وجود طبقة انسداد التي تسبب خفض في معدل الترشيح. جفافف الأحواض يعمل علي جفاف هذه الطبقة ، مع وجود شقوق وتحلل المواد العضوية ، وبذلك يمكن استعادة الطاقة الهيدروليكية عند إعادة الغمر إلي معدل قريب من الأصلي.

ولكن مع استمرار الغمر ينخفض معدل التسرب بما يتطلب إعادة زمن التجفيف. طبقا لمعدل تراكم المواد علي قاع حوض الترشيح ، فإنه يلزم الإزالة لهذه المواد من آن إلي آخر. الإزالة بالزحافات أفضل من الخلط مع التربة حيث تعمل الأخيرة علي طبقة مانعة للنفاذية بسمك10-20سم بما يتطلب الإزالة الكاملة لهذه الطبقة والذي يكون مكلفاً.

في حالة مياه الصرف النظيفة ذات المعالجة الثنائية حيث المواد الصلبة العالقة من 10 إلي 20ملجرام / لتر يمكن أن يكون زمن الغمر والجفاف طويلا حيث يصل إلي أسبوعين لكل، ونظافة قاع الخزان يمكن أن تكون كل عام أو عامين. مياه الصرف من المعالجة الأولية حيث تركيز المواد الصلبة العالقة أكبر تتطلب معدل يومين غمر وثمانية أيام جفاف ، ونظافة قاع الحوض تكون مطلوبة بعد كل فترة جفاف. وعموماً برنامج الغمر والجفاف والنظافة لقاع الحوض يبني علي الخبرة لواقع نظام المعالجة .

المعالجة المسبقة

المكونات الرئيسية التي يلزم إزالتها من مياه الصرف الخام قبل استخدامها في نظام المعالجة التربة ــ الخزان الجوفي هي المواد الصلبة العالقة، وإن كان المرغوب فيه كذلك خفض الأكسجين الحيوي المستهلك BOD_5 والبكتريا ولكنه ليس أساسي. المعالجة الثنائية تزيل معظم المواد القابلة للتحلل البيولوجي والذي يعبر عنه بالأكسجين الحيوي المستهلك. ولكن بكتريا التربة يمكنها القيام بالتحلل البيولوجي للمواد العضوية وخفض الأكسجين الحيوي المستهلك إلى النصف.

ولذلك يكتفي بالمعالجة الأولية وأن كان. هذا يعمل علي خفض الحمل الهيدروليكي لزيادة المواد الصلبة العالقة والحمل العضوي عن المعالجة الثنائية

بالإضافة إلي زيادة معدل النظافة ولكن عدم إجراء المعالجة الثنائية يحقق عائد اقتصادي كبير. كما تم ذكره سابقا فإن أهم ما يجب إزالته من مياه الصرف الصحي قبل استخدامها في الري هو الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens).

كذلك قد يكون مطلوب خفض تركيز النيتروجين والمواد الصلبة العالقة والمواد العضوية القابلة لتحلل البيولوجي وذلك للمحافظة على كفاءة نظام الري أو لأغراض قابلية التعامل مع هذه النوعية من المياه (Aesthetic Reasons). في حالة استخدام هذه المياه في البحيرات التي تستغل للترفيه اوصرفها في المسطحات المائية فإنه يلزم إزالة الفوسفور لمنع نمو الطحالب في المياه.

طرق إزالة أو خفض مكونات مياه الصرف الصحي:

المواد الصلبة العالقة Suspended Solids

بعد المعالجة المناسبة تكون المواد العالقة في مياه الصرف الصحي عادة صغيرة جداً نسبياً وفي الشكل العضوي (حمأة ، بكتريا ، زغبات ، خلايا طحلبية .. الخ) تتراكم هذه المواد الصلبة في حوض الترشيح علي التربة. هذا يتطلب التجفيف المنتظم لاستعادة كفاءة الترشيح وكذلك الإزالة بكشط هذه الرواسب من علي سطح التربة. في حالة التربة المكونة من الرمل أو الطين فإن المواد العضوية(Loamy Sand) سوف تخترق التربة الي مسافة قصيرة (عدة سنتيمترات).

إما في التربة الرملية والتربة ذات الحبيبات الكبيرة فإن المواد العضوية الهلامية (Colloidal) العالقة بما فيها الخلايا الطحلبية والأجسام الصغيرة تخترق إلى مسافة أكبر . أما في حالة التربة ذات حبيبات الرمال المتوسطة والكبيرة والمنتظمة تكون التربة مؤثرة جداً كمرشح حيث تزال المادة العالقة تماماً من مياه الصرف بعد متر واحد من التسرب خلال منطقة التهوية .

المركبات العضوية

معظم المركبات العضوية من أصل أدمي وحيواني أو نباتي في مياه الصرف الصحي تتحلل سريعاً في التربة. في الظروف الهوائية يكون التحلل سريعا وتاما (إلي ثاني أكسيد الكربون ، أملاح معدنية وماء) أما فى الظروف اللاهوائية فإنه يسود التحلل اللاهوائي في عمق التربة أثناء الغمر المستمر أو الذي يتم علي فترات طويلة.

المركبات العضوية الغير سامة والثابتة مثل أحماض الهيوميك والفولفيك (Humic and Vulvic) تتكون نتيجة التفاعل بين المواد البروتينية والكربوهيداتية. قد تصل المعالجة البيولوجية بنظام ’معالجة التربة الخزان الجوفي إلى مستوي من

الأكسجين الحيوي المستهلك يساوي صفر وذلك علي بعد مسافات قليلة من المترات في عمق التربة بعد تسرب السائل .

ولكن يظل السائل محتوي علي الكربون العضوي وهذا يرجع إلي وجود المواد العضوية المخلقة (Synthetic) التي لا تتحلل وكذلك وجود أحماض الهيوميك والفولفيك والمواد العضوية المهلجنة كل هذه المواد التي لا تتحلل بيولوجياً يمكن إزالتها بالمروبات واستخدام الفحم المنشط.

البكتريا والفيروسات :

التربة مرشح جيد لازالة الكائنات الحية الدقيقة من مياه الصرف الصحي المعالجة (عدا التربة الزلطية والرملية ذت الحبيبات الكبيرة وذات المسام الكبيرة أو الصخور المتشققة). البكتريا عموما ترشح في الرتبة والفيروسات تمتز وخاصة عند انخفاض الرقم الهيدورجيني وزيادة تركيز الأملاح الكلية المذابة، بالإضافة إلى الزيادة النسبية للكالسيوم والمغنيسيوم علي حساب أيون الصوديوم والبوتاسيوم أحادي التكافؤ .

معظم البكتريا والفيروسات الأدمية لا تتكاثر في التربة ولكنها تموت خلال بضعة أسابيع إلى بضعة شهور وقد أثبتت بعض الدراسات الإزالة الكاملة للكوليفورم الغائطي بعد عدة مترات خلال التربة وإن كانت التربة ذات المسام الكبيرة والشقوق تختفي فيها علي مسافات أكبر .

النيتروجين :

تتراوح نسبة النيتروجين في مياه الصرف الصحي ما بين 20 إلي 100 ملجرام / لتر. يوجد النيتروجين أساسا في الشكل العضوي وفي شكل الأمونيوم. (NH_4)، في شكل النترات (NO_3) نسبة النيتروجين بعد المعالجة الثنائية يكون معظمها في شكل الأمونيوم ولكن تصميم بعض العمليات يقوم بتحويله إلى نيتروجين النترات. مياه الصرف الخام تحتوي علي كميات كبيرة من النيتروجين العضوي .

التحكم في شكل وتركيز النيتروجين في المعالجة والمعالجة بطريقة التربة الخزان الجوفي يمكن بالاختيار المناسب لمعدل التمثيل الهيدروليكي وتوقيتات الغمر والجفاف لأحواض التسرب. فمثلاً إذا كان النيتروجين في مياه الصرف التي عولجت معالجة أولية فى شكل مركبات الأمونيوم فإن زمن الغمر القصير والتجفيف من آخر لأخر لحوض التسرب (مثلا يومين غمر وخمسة أيام تجفيف) يسبب تمام النترجة للأمونيا في التربة بسبب التهوية والظروف الهوائية حيث تتحول إلى النترات .

أما في حالة طول فترة الغمر وطول فتر التسرب (مثلا شهر غمر وشهر تسرب) سيؤدي ذلك إلي التحلل الكامل للأمونيا بسبب الظروف اللاهوائية في التربة وعدم وجود اكسجين للنترجة (Nitrification) .

عندئذٍ تحول الظروف اللاهوائية بواسطة العمليات البكتيرية التي تختزل النترات إلي نيتروجين وأكاسيد النيتروجين التي تعود إلي الجو بهذا الأسلوب أمكن التخلص من 75% من نيتروجين مياه الصرف والباقي في شكل النترات .

عملية إزالة النيتروجين (Denitrification) تتطلب وجود النترات والكربون العضوي والذي يعمل مصدر غذاء للبكتريا المزيلة للنترات (Denitrifying Bacteria) في الظروف اللاهوائية. عند الحالة اللاهوائية إذا كان النيتروجين في شكل النترات وأن مياه الصرف مؤكسدة إلي حد ما عندئذ يلزم إضافة الكربون العضوي إلى مياه الصرف للحصول إلي إزالة لنيتروجين.

الفوسفور

يمكن ان تحتوي مياه الصرف علي 5-50ملجرام / لتر من الفوسفور وعند المعالجة بطريقة التربة الخزان الجوفي يتحول الفوسفور العضوي بيولوجيا إلى أملاح الفوسفات. في التربة الجيرية وعند الحالة القلوية للرقم الهيدروجيني يتحول الفوسفور العضوي إلي فوسفات الكالسيوم .

أما في التربة الحامضية فإن أملاح الفوسفات تتفاعل مع أكاسيد الألومنيوم والحديد في التربة لتكون مركبات غير مذابة. أحياناً تمتص الأملاح الفوسفات في التربة حيث تتحول ببطء إلى الشكل الغير مذاب، بما يمسح بزيادة الامتصاص للفوسفات ويحدث هذا فى حالة التربة النظيفة الرملية وعند الرقم الهيدروجيني المتعادل .

الأملاح المذابة :

تحتوي مياه الصرف على أنواع كثيرة من الأملاح المذابة بتركيزات منخفضة وهذه تشمل معادن ثقيلة والفلور والبورون . تحتجز المعادن في معم أنواع التربة ولكن الرقم الهيدروجيني المرتفع يعمل علي ثباتها وعدم حركتها. يكون الفلوريد فلوريد الكالسيوم الذي له إذابة ضعيفة جداً وكذلك يمتز ببعض مكونات التربة خاصة أكاسيد الألومنيوم. البورون يتحرك في الرمال والزلط ولكن يمتص علي سطح الطمي وبهذا فإن نظام المعالجة بالتربة ــ الخزان الجوفي يمكن أن يخفض من تركيز العناصر النادرة (Trace Elements) في مياه الصرف .

الأملاح الكلية المذابة عموماً لا تتأثر ويظل التركيز هو نفسه في المياه المعالجة كما في مياه الصرف تقريباً.

الفصل الرابع

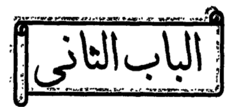
ضوابط وطرق الرى بمياه الصرف الصحى

*حالات الرى الجيد

*جدولة الرى

*طرق الرى

* التغلب على مشاكل السمية والملوحة للمياه لاستخدامها فى الرى



1. حالات الري الجيد

يمكن تعريف الري بأنه إمداد التربة بالمياه لتوفير الرطوبة اللازمة لنمو النبات. الري له دور كبير في زيادة الإنتاجية للمحصول ونضجه. في المناطق الجافة وشبه الجافة يعتبر الري أساسي بينما في المساحات الرطبة وشبه الرطبة يكون مطلوب عادة علي أساس ثانوي. علي المستوي الحقلي يلزم توفير الأساسيات التالية لنجاح الزراعة الحقلية .

توفير الكمية اللازمة من المياه .
تكون المياه ذات نوعية مقبولة .
تكون توقيتات الري مجدولة
تستخدم طريقة الري المناسبة .
منع تراكم الأملاح في منطقة الجذور بإزابتها وصرفها في التربة (Leaching)
التحكم في منسوب ارتفاع خط المياه الجوفية بطريقة الصرف المناسبة.
تحقيق أقصي استفادة من الأسمدة اللازمة للنبات .

المطالب السابقة تنطبق بالتساوي عندما يكون مصدر الري هو مياه الصرف. يعتبر وجود المواد التسميدية لنبات في مياه الصرف الصحي الخام أو المعالج ميزة خاصة عن الري من المصادر التقليدية واستخدام الأسمدة يكون عندئذ غير ضروري. ولكن يجب عمل إجراءات الوقاية الصحية والبيئية عند استخدام مياه الصرف في الري.

من المعروف ان اكثر من 99% من المياه التي يمتصها النبات تفقد بواسطة النتح والبخر(Evaporation،Transpiration) من سطح النبات لذلك فمن الناحية العملية تكون احتياجات النبات من الماء تساوي احتياجات النتح والبخر (ET – Evapotranspiration) والتي تتحدد للمحصول طبقاً لعوامل مناخية ولهذا يمكن تقديرها بدقة مناسبة باستخدام بيانات الأرصاد الجوية (Meteorological Data)

2. جدولة الري: (Scheduling Of Irrigation)

للحصول علي أقصي إنتاجية يتم توفير المياه للمحاصيل قبل وصول محتوي التربة من الرطوبة إلي الحالة التي ينخفض فيها معدل النتح والبخر عن طاقته الكامله. العلاقة بين الإنتاج الحقيقي وأقصي إنتاج بالنسبة للطاقة الكامنة والحقيقية للنتح والبخر يوضح بالمعادلة .

$$\left(1 - \frac{A}{M}\right) = F\left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

حيث

A = المحصول الحقيقي الذي تم حصده
M = أقصي محصول تم حصده
F = معامل الإنتاج
ET_a = النتح والبخر الحقيقي
ET_m = أقصي نتح وبخر

توجد طرق مختلفة لتحديد مواعيد الري وهذه تبني علي عدة عوامل وهي قدرة التربة علي الاحتفاظ بالماء، عمق منطقة جذور النبات، كمية المياه اللازمة لكل ريّة، طرق الري المستخدمة وإمكانيات الصرف .

3.طرق الري :

توجد طرق كثيرة يستخدمها الزراع لري المحاصيل وهذه تتراوح ما بين سقي النبات كل علي حدة من إناء به ماء إلي الري الآلي، المحوري. من وجهة نظر ترطيب التربة يمكن تجميع هذه الطرق تحت خمسة مسميات وهي :

الري بالغمر :

حيث تعمر المياه كل الحقل لتتسرب إلى التربة (Flood Irrigation)

ري الأخدود (Furrow Irrigation):

في هذه الحالة يكون الري بين أجناب الأخدود المرتفعة علي الجانبين وتصل المياه إلى الأجناب المرتفعة حيث توجد جذور النباتات بكثرة وذلك بالخاصية الشعرية.

الري بالرش (Sprinkler Irrigation)

حيث يتم الرى فى شكل رزاز ويصل التربة مثل المطر (مثال ذلك الرشاشات المحمولة والمثبتة والمتحركة والمحورية والقاذفة). معدل الري يتم التحكم فيه لعدم حدوث تجميع للمياه علي السطح.

الري أسفل سطح الربة (Sub Irrigation)

يتم الري أسفل منطقة الجذور بطريقة تجعل منطقة الجذور مبتلة بالخاصية الشعرية (كما في حالة قنوات الري تحت السطحي ، المواسير المدفونة) ، تستخدم لهذا الغرض القنوات السطحية العميقة أو المواسير المدفونة .

الري الموضعي (Localized Irrigation)

يتم الري لكل نبات أو مجموعة نباتات يوضع المياه حوله بما يمكن من الترطيب المحلي ومنطقة الجذور فقط (مثال) الري بالتنقيط، الرشاشات الصغيرة جداً) إذابة الأملاح من منطقة الجذور (Leaching). في الزراعات المروية بالري السفلي ((Under Irrigated Agriculture

يلزم في الري السفلي زيادة في مياه الري لتتسرب خلال منطقة الجذور بهدف إزالة الأملاح التي تراكمت نتيجة النتح والبخر من مياه الري الأصلية. عملية إزالة الأملاح من منطقة الجذور تسمي (Leaching) والجزء من مياه الرى الذي يحرك الأملاح الزائدة يسمي (Leaching Fraction) التحكم في الملوحة بإزالتها من منطقة الجذور يصبح ذا أهمية وخاصة في حالة زيادة الملوحة في مياه الري :

الصرف : Drainage :

يعرف الصرف بأنه الماء الزائد من سطح التربة وأسفلها بما يسمح بأقصي نمو للنباتات. إزالة المياه الزائدة من السطح تعرف بالصرف السطحي بينما إزالة المياه الزائدة من أسفل سطح التربية يسمي الصرف تحت السطحي (Sub Surface Drainage). من الأهمية أن يتم الصرف لنجاح الزارعة المروية ويكون الصرف هام في المناطق الجدباء والشبه الجافة لمنع الملوحة الثنائية (Secondary SaLinization) .

في هذه المناطق يرتفع خط المياه الجوفية مع استمرار الري في حالة عدم توفر الصرف المناسب للتربة. عندما يكون خط المياه الإستاتيكي. (فى حدود عدة أمتار من سطح التربة، فإن صعود المياه الجوفية المالحة بالخاصية الشعرية سوف ينقل الأملاح إلي سطح التربة .

عند السطح تتبخر المياه تاركة الأملاح. في حالة عدم التحكم في هذه العملية سيزداد تراكم الأملاح بما ينتج عنه ملوحة التربة. في مثل هذه الحالة يكون الصرف تحت السطحي مناسب للتحكم في ارتفاع منسوب خط المياه الجوفية وبالتالي منع حدوث التمليح للتربة .

4. التغلب علي ملوحة وسمية المياه والمشاكل الصحية لاستخدمها في الري :

التغلب علي مشاكل الملوحة :

ليست كل النباتات تتجاوب مع الملوحة يشكل موحد ، بعض المحاصيل يمكن أن تحقق إنتاج مقبول باستخدام مياه ذات ملوحة عالية ويرجع هذا لقدرتها علي التحكم الأسموزي طبقا لحاجتها أى القدرة علي امتصاص المياه من التربة المالحة. تعتبر قدرة المحصول علي التأقلم مع الملوحة مفيد للغاية في الأراضي عند تراكم الملوحة فيها بدرجة غير مناسبة لمحصول معين لكي ينمو.

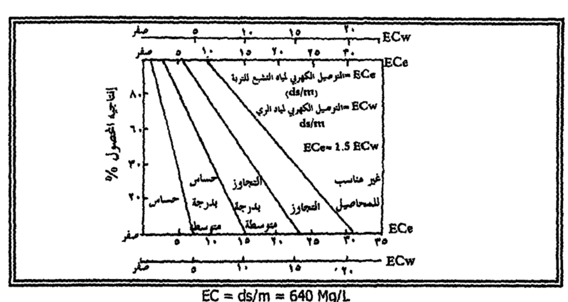
يمكن استخدام محصول بديل الذي يتجاوب مع الملوحة المتوقعة وله القدرة علي توفير محصول اقتصادي الجدول (3/13) يوضح قائمة بالمحاصيل مقسمة حسب قابليتها وحساسيتها للملوحة الشكل (35) يوضع قائمة بالمحاصيل مقسمة حسب قابليتها النسبية وملوحة مياه الري طبقاً للتقسيمات الأربعة لملوحة المحصول. يكون الاستنتاج الأتي من هذه البيانات.

* إنتاج له كفاءة محققه لكل المحاصيل تقريباً بأستخدام مياه ملوحتها أقل من0.7 ds /m (0.7 × 640=508 ملجرام / لتر).

عند استخدام مياه ملوحتها ما بين0.7 إلي 3 ds/m (508 إلي 1920 مليجرام /لتر). من ملوحة عادية إلي متوسطة، فإن الانتاجية المحصولية يمكن تحقيقها ولكن يجب الحرص في توفير المياه اللازمة (Leaching) لغسيل الأملاح من التربة وذلك للمحافظة علي ملوحة التربة في حدود التجاوز للمحصول . مياه الصرف المعالجة تقع ضمن هذه المجموعة .

* بالنسبة للمياه ذات الملوحة العالية أكثر من ds=3 اي أكثر من 5000ملجرام/لتر) والمحاصيل الحساسة عملية زيادة المياه لإذابة الأملاح بمياه ملوحتها 160-200 ملجرام/ لتر ليس عملياً بسب الزيادة الكبيرة في المياه . في مثل هذه الحالات يجب أن يؤخذ في الاعتبار استخدام محاصيل تحتاج إلي مياه غسيل أملاح متوسطة وتتجاوب مع الملوحة في المياه، وخاصة في حالة التربة ذات المحتوي العالي من الطمي.

فى حالة زيادة الملوحة عن 3 ds/m (1920 مليجرام/لتر) فإنه يمكن استخدام المياه ولكن يجب أن تكون التربة ذات نفاذية عالية مع استخدام محاصيل تتجاوب مع هذه الملوحة ، وحيث جزء من المياه يستخدم لإزالة الأملاح. في حالة وجود شك نحو تأثير ملوحة المياه علي إنتاج المحصول، يجب أن يتم عمل دراسة حقلية لاظهار اقتصاديات الري.



EC = ds/m = 640 Mg/L

شكل (3/35) تقسيم المحاصيل طبقاً لتجاوبها مع الملوحة

جدول (3/13) التجاوز في الملوحة في زراعة بعض المحاصيل

الملوحة مليجرام /لتر	المحاصيل
اقل من 1280	الموالح ، التفاح، الخوخ، العنب، الفراولة، البطاطس، الفلفل، الجزر، البصل، البقول (لوبيا، فاصوليا، فول)، الحبوب(قمح،ذرة،شعير).
من 280-1920	التين،الزيتون، الطماطم، الخيار، الكنتالوب، البطيخ، القرنبيط، السبانخ، النباتات القصبية، العشب السوداني.
من1920-2560	الذرة السكرية، الفول السوداني، الأرز، البنجر، عشب القلدش الطويل.
من 2560-3200	فول الصويا، نخيل البلح، البرسيم أو أى أعشاب ثلاثية الورقات
من 3200-4480	القرطم، العصفر، بنجر السكر، الشعير، عشب المراعى ، عشب برمودا.
اكثر من 4480	القطن، الشعير، عشب القمح.

* فى تونس تم زراعة الزيتون فى ملوحة تزيد عن 5000 مليجرام/لتر، وفى الجزائر تم زراعة نخيل البلح فى ملوحة تزيد عن 5000 مليجرام/لتر.

* عموماً زيادة الملوحة تقلل ممن الكفاءة الانتاجية للمحاصيل طبقاً لنوعيتها.

التغلب علي مشاكل السمية :

تختلف مشاكل السمية عن مشاكل الملوحة حيث أنها تحدث في النبات نفسه وليس بسبب نقص المياه. تحدث السمية عندما يأخذ النبات أيونات معينة مع مياه الري وتتراكم في الأوراق علي نفس النبات إلى درجة تلف النبات. تتوقف درجة التلف علي

الوقت ، تركيز المادة السامة ، حساسية المحصول والمياه المستخدمة وفي حالة التلف ينخفض المحصول .

الأيونات السامة في مياه الري هي ايونات الكلوريد ، الصوديوم ، البورون وهذه كلها توجد في مياه الصرف الصحي. يحدث التلف للنبات بأي من هذه الأيونات أو مع بعضها. ليست كل المحاصيل متساوية في حساسيتها لهذه الأيونات السامة. السمية عادة تصاحب الملوحة أو تزيد من مشاكل الملوحة. ومشاكل التسرب للمياه في التربة. رغم أنها تكون مؤثرة في حالة عدم وجود مشاكل ملوحة. بالإضافة إلى أيونات الكلوريد و الصوديوم والبورون توجد أيونات عناصر كثيرة بتركيزات منخفضة جداً ولكنها سامة للنبات ولكن لحسن الحظ أن تركيزها المنخفض في مياه الصرف يجعلها غير مؤثرة. ولكن في المناطق الحضرية قد توجد تركيزات المعادن الثقيلة في التربة والتى تتراكم فى أنسجة النبات وتعمل على خفض المحصول. هذه التركيزات العالية ترجع إلى تكرار الرى بمياه الصرف المحتويه على هذه العناصر والذى يعمل على تركيز المعادن الثقيلة فى التربة بنسبة 85%.

لتجنب المشاكل الصحية :

من وجهة نظر الاستهلاك الأدمي وتأثيره علي الصحة يمكن تقسيم المحاصيل والنباتات المزروعة إلي المجموعات التالية.

محاصيل غذائية	:	تؤكل طازجة
	:	تؤكل بعد طبخها
محاصيل الأعلاف	:	التي تعطي للحيوان مباشرة
	:	التي تعطي للحيوان بعد حصدها
المحاصيل البستانية	:	مساحات مفتوحة غير محمية أو مسورة
	:	مساحات شبه محمية
محاصيل شجرية	:	تجارية (الفاكهة ، أشجار خشبية للوقود أو للفحم النباتي)
	:	بيئية تثبيت التربة

لتجنب المخاطر الصحية تستخدم المياه المعالجة ذات النوعية الجيدة من الناحية البيولوجية لري النباتات التي تؤكل طازجة ، والمياه الأدني في النوعية تستخدم حيث لا يوجد تعرض مباشر للمواطنين.

اختيار طرق الري :

يتوقف اختيار طريقة الري علي حالة الإمداد بالمياه ، حالة الجو ، التربة ، المحصول ، تكاليف الري وقدرة المزارع علي إدارة نظام الري . وعند استخدام مياه الصرف كمورد للري يلزم أن يؤخذ في الاعتبار عوامل أخري مثل تلوث النباتات والمحاصيل التي تم حصدها ، العمال الزراعيين ، المناخ ومشاكل الملوحة والسمية . يوجد مجال متسع لخفض الآثار السلبية لمياه الصرف من خلال اختيار طرق الري المناسبة :

يتوقف اختيار طريقة الري علي العوامل الفنية الأتية :

اختيار المحاصيل.

بلل الأجزاء الورقية في الفاكهة والأجزاء المعرضة للهواء.
توزيع المياه ، الأملاح ، الملوثات في التربة .
قدرة التربة علي الاحتفاظ بالماء بسهولة .
كفاءة التطبيق .
مدي تلوث البيئة والعمال الزراعيين .
الجدول (3/14) يوضح تحليل العناصر المتعلقة بطرق الري الشائعة وهي الري بالغمر (Border) لري القنوات بين الجسور (Furrow) الري بالرش (Sprinkler) الري بالتنقيط (Drip).

جدول (3/14) تقييم طرق الري العادية بالنسبة لاستخدام مياه الصرف المعالج:

م	معايير التقييم	الري بين الجسور	الري بالغمر	الري بالرش	الري بالتنقيط
1	بلل الأوراق وبالتالي تلفها ، ينتج عنه محصول ضعيف	لا توجد مخاطر بلل الأوراق لوجود النباتات علي الجسور	. بعض الأوراق السفلية تتأثر ولكن التلف لا يسبب خفض الإنتاج	يمكن حدوث تلف للأوراق وبالتالي خفض الإنتاج	لا يحدث أي تلف لطريقة الري هذه
2	تراكم الأملاح في منطقة الجذور مع تكرار الري	تتراكم الأملاح علي الجسر والذي يمكن أن يضر بالنباتات	الأملاح تتحرك أفقيا بالانحدار وليس من المحتمل تراكمها عند الجذور	حركة الأملاح لاسفل ولا يحتمل تراكمها عند الجذور	حركة الاملاح دائرية علي طول اتجاه حركة المياه تتكون الأملاح بين نقط الري
3	قدرة المحافظة علي طاقة التربة الماء عاليه	يتعرض النبات للإجهاد بين دورات الري	يتعرض النبات للإجهاد بين دورات الرى	لا يمكن المحافظة علي طاقة التربة والماء في مراحل نمو النبات	يمكن المحافظة علي طاقة التربةالنبات في مراحل النمو مع خفض أثر الملوحة
4	إمكان استخدام مياه الصرف المملحة(الخمضاء) brakish waste water وبدون التأثير على إتاجية المحصول	مقبول إلى حد ما عند حس الإدارة والصرف يمكن تحقيق محصول مقبول	مقبول الي حد ما ، مع الري والصرف الجيد يمكن تحقيق محصول جيد	ضعيف إلى مقبول معظم أمرض النبات معرضة للتلف والمحصول منخفض	جيد إلى ممتاز كل المحاصيل يمكن أن تنمو مع خفض قليل في الإنتاجية.

أي نوع من نظم الري بالغمر حيث يتم الغمر الكامل لسطح التربة بالمياه المعالجة يعتبر أسلوب ري غير كفء . هذا النظام عادة يلوث محاصيل الخضروات التي تنمو قريباً من سطح الأرض وجذور النباتات ، مع تعرض عمال الزراعة إلي المياه المعالجة أكثر من أي طريقة أخري .

ولذلك فمن وجهة النظر الصحيحة والمحافظة علي المياه فإن الري بالغمر غير مناسب .

ري القنوات بين الجسور لا يبلل السطح الكلي وهذه الطريقة تقلل تلوث المحصول نظراً للنمو علي الجسور ولكن الحماية الصحية الكاملة غير مضمونة . تلوث العمالة الزراعية بين المتوسط والعالي طبقا للاستخدام الآلي .

في حالة نقل السيب المعالج خلال مواسير حتي كل قناة باستخدام مواسير بمحابس يمكن بذلك خفض مخاطر التلوث .

لا تتأثر كفاءة الري السطحي عموماً (الغمر) الأحواض ، القنوات بين الجسور، بنوعية المياه وإن كانت المخاطر الصحية أكيدة .

بعض المشاكل تظهر في حالة وجود كميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة والتي ترسب وتعيق التدفق في القنوات والمحابس والمواسير والمهمات . باستخدام المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي يمكن تجنب كثيراً من هذه المشاكل .لتجنب ظهور المياه الراكدة علي سطح الأرض يلزم تسوية الأرض بحرص مع وجود تدرج في ميل الأرض.

طرق الري بالرش :

تعتبر أكثر كفاءة نحو استخدام المياه حيث يمكن توفير التجانس ولكن طريقة الري العلوي هذه يمكن أن تلوث المحاصيل، أشجار الفاكهة وعمال الزراعة. بالإضافة إلي أن الكائنات الممرضة يمكن أن تحمل للسكان القريبين ويعتبر الري الآلي بالرش اكثر تكلفة من الري اليدوي .

تعتبر تسوية الأرض أساسية في الري بالرش لمنع الفقد في الضغط وللحصول علي تجانس في البل. يتأثر الري بالرش بنوعية المياه أكثر من الري السطحي نظراً لاحتمال انسداد الفتحات ، واحتمال حرق الأوراق والسمية في حالة زيادة العناصر السامة في المياه ، وانسداد المواسير ونظم الرش .

وقد وجد أن المعالجة الثنائية مناسبة للري بالرش شريطة عدم زيادة ملوحة السائل وذلك مع زيادة قطر فنية دفع المياه بحيث لا تقل عن 5سم كما يلزم ترشيح المياه بالمرشحات الرملية مع المعالجة الثنائية. عموماً أن تحديد طريقة الري يتوقف علي عدة عامل والأساس فيها هو العامل الاقتصادي .

الجدول (3/15): يوضح نوعية المياه التي تمنع حدوث انسداد في نظم الري (الري بالتنقيط):

المشاكل الرئيسية	الوحدات	درجة الحذر عند الاستخدام		
المواد الصلبة العالقة	ملجرام / لتر	50 >	100-50	100<
الرقم الهيدروجينيph		7 >	8-7	8 <
المواد الصلبة المذابة	ملجرام / لتر	500 >	2000-500	2000 <
المنجنيز او الحديد	ملجرام / لتر	0.1 >	1.5-0.1	1.5<
كبريتيد الهيدروجين	ملجرام / لتر	0.5 >	2.0-0.5	2.0<
العد البكتلرويولجي	أقصى عد/ 100سم^2	10000	50000-1000010	50000<

إدارة الري بالمياه المعالجة :

معظم مياه الصرف المعالجة ليست عالية الملوحة ، مستوي الملوحة عادة يتراوح ما بين 500 إلي 2000 ملجرام لتر (من 0.7 إلي ECW 3.0 – توصيل كهربي) وقد تصل الملوحة في بعض الحالات إلى أكثر من 2000ملجرام / لتر .

ولذلك يلزم عمل الإجراءات لمنع التمليح بصرف النظر عن ملوحة مياه الصرف المعالجة عالية أو منخفضة. يلاحظ انه في حالة استخدام مياه غير مالحة مثل المحتوي من الملوحة من 200 إلي 500 ملجرام / لتر ، عند استخدامها بمعدل 20000م^3/ هكتار (8400م^3 للفدان) للري سنويا هذا سيضيف من 2 إلي 5 طن من الملح سنويا الي التربة.

في حالة عدم إنزال هذه الأملاح من منطقة الجذور بإزالتها وصرفها (Leaching) بطريقة صرف جيدة ، يمكن أن تتراكم مشاكل الملوحة ولهذا فإن عملية إذابة الأملاح وصرفها من الأعمال الهامة في إدارة استعمالات المياه لمنع ملوحة التربة.

إذابة الأملاح وصرفها (Leaching)

كما ذكر سابقاً فإنه في الزراعات المروية يلزم زياد في مياه الري لتتسرب في منطقة الجذور لإذابة الأملاح التي تراكمت نتيجة البخر والنتح من مياه الري الأصلية عملية إزالة الأملاح من منطقة الجذور تسمي (Leaching) والجزء من المياه اللازم لتحريك الأملاح الزائدة يسمي الجزء الخاص بإذابة الأملاح (Leaching Fraction)(-LF)

$$\text{المياه اللازمة لاذابة الأملاح } LF = \frac{\text{قمع المياه المتسربة أسفل منطقة الجذور}}{\text{عمق المياه المستخدمه عند السطح}}$$

يعتبر التحكم في الملوحة بالإزالة المؤثرة للإصلاح في منطقة الجذور هام جداً عند زيادة ملوحة مياه الري .

لتعيين الاحتياجات المائية لإزالة الأملاح يلزم معرفة ملوحة مياه الرى (EC_W) وتجاوب المحصول مع ملوحة التربة. يمكن استخدام المعادلة التالية لتعيين احتياجات المياه لإذابة الأملاح لمحصول معين:

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w}$$

LR = أدني احتياجات من المياه لجعل الملوحة في حدود السماح للمحصول بطريقة الري السطحية العادية

EC_W = ملوحة المياه المستخدمة في الري مقيمة (ds/m)

EC_e = متوسط ملوحة التربة المقاسة من محلول التشبع للتربة الملائمة للمحصول يوصي بأن تكون قيمة ECe المتوقعة توفر ما لا يقل عن 90% إنتاجية أو أكثر لاستخدامها في الحسابات

References	المراجع

* ***A. W.W.R*** :Groumd water Americam watar worksassoc .New York 1973

* ***Comp , T.R*** Water and it is impurities Reimhold book corp , New York , 1968

* ***Comp , T.R*** Water treatment Hegraw –hill book co , New York 1962

* ***H,e, hdfses Small commun,***t y water sepplies tochnology in dwelofing countries , Mcgrow – hill book co , New York 1985 Publications of wohd health organization (WHO) and unecif

* ***kantor,y*** . research , training and tefhnology aspects of rural watersupply and sanitation in developing countries world band , 85p.

* ***Lauria , d, t , kolsky , P , J middleton , R . N.*** Design of how – cost water distribution systems the work bowk , 1977 (pu . report ne . res.11)

* ***More water for arid lands*** National academy of sciemce , washingtion , d,c 1974

* ***water and coummunity debelopment*** . in ; assignment chilcren 1970, no 34 (april – iune) UNICEF . genera.

مياه الشرب والصرف الصحى للقرى
والنجوع والمجتمعات الصغيرة والنعزلة

الباب الأول

مياه الشرب للقرى والنجوع وللتجمعات الصغيرة والمنعزلة

الباب الثانى:

الصرف الصحى للقرى والنجوع وللتجمعات الصغيرة والمنعزلة

هذا الكتاب

في هذا الإصدار تم تناول تقــنيات كثيرة لإمدادات مياه الشـــرب والصرف الصحـــي للتجمعات الصغيرة ، حـــيث المعلومات والإرشادات يمكن استغلالها بواســطة هؤلاء الذين لديهم بــعض الأسس الفنية في الهندسة الصحــية ، أو الهندســة المدنية ، أو في الصحـــة العامة ، أو الري والصرف ، وذلك بـــدون الحـــاجة إلى الخبرة السابقة أو التدريب في مجال الإمداد بالمياه .

كما أن هذا الكتاب يساعد المهندسين والمهتمين بالنواحي الصحــية في أعمال التصميم أو الصيانة لإمدادات المياه الآمنة للتجمعات الصغيرة .

ولذلك فإن هذا الكتاب لا يعتبر مرجع للدراسات الهندســية حــيث تم التجاوز عن بــعض الأسس النظرية مع التركيز على النواحي التطبيقية . ونظراً لندرة الإصدارات باللغة العربية في هذا المجال فقد تم تبسيط المحتوي العلمي بما يحقق الفائدة ولا ينتقص من القيمة الفنية وبما يمكن القارئ العادي وكذلك من لديه اهتمامات في هذا المجال من الاستيعاب والاستفادة ، وبما يمكن من المشاركة الفعالة.

وقد تم الإشارة إلى المخاطر الصحــية لمياه الشـــرب الملوثة ، وكيفية التنظيم ، وتضافر الجهود الحكومية والشعبية ؛ لحل مشكلة توفير المياه الصالحة من خلال الخطط والتنظيم ، والتغلب على المعوقات الإدارية والفنية والمالية وذلك في التمهيد . وفي البـــاب الأول تم تناول موضوع مياه الشرب . وفي الباب الثاني موضوعات الصرف الصحي وذلك بالنســـبة للتجمعات السكـ الصغيرة والمنعزلة.

وعلى الله قصد السبيل

الناشر



ISBN 977-287-438-5
9 789772 874385

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع
٥٠ شارع الشيخ ريحان – عابدين – القاهرة
☎ ٧٩٥٤٢٢٩
WWW sbheg.com
e-mail: sbh@link.net

الغلاف : جلال خليفة